

REVUE INTERNATIONALE

DES

SCIENCES

COULOMMIERS. — TYPOGRAPHIE PAUL BRODARD.

REVUE INTERNATIONALE

DES

SCIENCES

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN

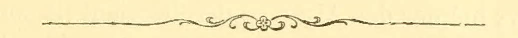
PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

TOME QUATRIÈME

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, PLACE DE L'ODÉON, 8
—
1879

REVUE INTERNATIONALE

DES SCIENCES



LA COLORATION DES ANIMAUX ET DES PLANTES,

Par Alfred RUSSEL WALLACE.

I

Il n'y a peut-être pas une propriété des objets qui nous procure autant de jouissances pures et intellectuelles que leur couleur. Le bleu céleste du firmament, les teintes enflammées du soleil couchant, la pureté exquise du manteau de neige des montagnes et les nuances innombrables du tapis de verdure qui recouvre la terre sont une source inépuisable de jouissances pour tous ceux qui possèdent le privilège inestimable de la vue. Et pourtant, tout ce que nous venons d'énumérer ne forme pour ainsi dire que le cadre et le fond d'un tableau merveilleux et perpétuellement changeant. Une diversité infinie de plantes et d'animaux se détache par des couleurs brillantes sur ces nuances estompées et générales.

Parmi les organismes, ce sont surtout les fleurs, les insectes et les oiseaux qui possèdent cette parure et qui animent la nature par leur coloris varié à l'infini, tandis que la symétrie et la diversité de leurs formes éveillent partout l'admiration. L'influence de cette richesse de tons sur notre vie intellectuelle et morale est indiscutable. L'enfant et le sauvage admirent également les gaies couleurs du papillon, de l'oiseau et de la fleur, et sur beaucoup d'entre nous leur vue exerce une action consolante et fortifiante. Il n'est donc pas étonnant que cette action seule ait paru longtemps fournir une explication suffisante du phénomène des couleurs dans la nature, et quoique le fait que tant de fleurs paraissent déployer leur splendeur « en vain et sans être vues », pour devenir le jouet des vents du désert, eût pu faire naître des doutes sur l'exactitude de cette explication, la réponse était toute prête; en poursuivant ses découvertes, l'homme saurait trouver et apprécier tôt ou tard toutes les beautés que la nature recèle. Cette

théorie trouvait un grand soutien dans la difficulté d'attribuer une autre signification ou un autre but aux couleurs qui parent tant d'objets. Pourquoi le simple genêt resplendirait-il comme de l'or, et pourquoi le cactus épineux aurait-il une corolle rouge ? Pourquoi les primevères égayeraient-elles nos champs, et pourquoi les bruyères mettraient-elles un manteau de pourpre sur nos montagnes ? Pourquoi chaque pays aurait-il sa parure particulière de fleurs ? pourquoi les rochers mêmes des Alpes se déroberaient-ils sous la magnificence des couleurs, si ce n'est pour être contemplés et admirés par l'homme ? De quelle utilité le bariolage de ses ailes pourrait-il être au papillon, et à quoi servirait-il au colibri que sa poitrine ait l'éclat des pierres précieuses, si ce n'est pour fournir les dernières touches artistiques au tableau de l'univers, qui doit contribuer à la jouissance et au raffinement du genre humain ?

Les naturalistes ont longtemps cru que la couleur avait peu d'importance et n'était qu'un indice incertain pour caractériser les espèces. Les cas nombreux d'instabilité dans la coloration donnèrent lieu à cette manière de voir. L'existence de fourmis blanches, de paons blancs, de léopards noirs, de campanules blanches et de polygalées blanches, bleues ou d'un rouge pâle, fit croire qu'il n'y avait rien de stable dans leur coloration, que celle-ci ne pouvait donc être que de peu d'importance et ne caractérisait pas un type comme le font la forme et la structure. On commence maintenant à voir que ces cas, quoique assez nombreux, ne sont cependant, à tout prendre, que des exceptions, et que la couleur est dans la règle une caractéristique stable.

La grande majorité des espèces, aussi bien d'animaux que de plantes, se distinguent par des couleurs particulières, qui ne présentent que peu de variations entre elles, et le dessin le plus minutieux se retrouve très souvent identiquement le même chez des milliers et des millions d'individus. Toutes nos renoncules des champs sont jaunes sans exception, nos pavots sauvages sont rouges, et beaucoup d'espèces de papillons et d'oiseaux reproduisent dans des milliers d'individus exactement les mêmes taches et les mêmes raies colorées. Nous rencontrons quelquefois des tribus entières d'une même couleur. Toutes les espèces de genêts sont jaunes, les *Erythrina* sont toutes rouges, beaucoup de familles de Carabides sont noires, des familles entières d'oiseaux, par exemple les *Dendrocolaptidæ*, sont brunes. Parmi les papillons, les nombreuses espèces de *Lycæna* sont toutes plus ou moins bleues, celles des *Pontia* sont blanches, et les *Callidryas* sont jaunes.

II

Une vue d'ensemble du monde organique nous conduit donc à la conclusion que la coloration n'est nullement un caractère aussi insignifiant ou instable qu'elle pourrait le paraître au premier abord ; et plus nous étudions cette question, plus nous sommes convaincus que cette propriété doit répondre à un but de la nature, et que, sans parler du charme de sa beauté et de sa diversité, elle mérite bien que nous l'étudiions attentivement, et peut nous divulguer bien des mystères.

Pour grouper d'une manière intelligible les faits si nombreux relatifs à la coloration dans le monde organique, nous ne pouvons mieux faire que d'examiner jusqu'à quel point les théories proposées jusqu'à ce jour peuvent fournir une explication.

Une des théories les plus populaires et les plus plausibles, défendue encore aujourd'hui, au moins en partie, par quelques naturalistes distingués, est que la couleur provient d'une action directe de la chaleur et de la lumière du soleil.

C'est ainsi qu'on explique le grand nombre d'oiseaux, d'insectes et de fleurs brillamment colorés qui existent entre les tropiques. Mais nous devons nous demander si, en effet, entre les tropiques, les couleurs sont plus développées que dans les climats tempérés, en proportion du nombre total des espèces représentées. Et, s'il en est ainsi, nous devons encore rechercher s'il n'y a pas assez d'exceptions marquées à cette règle pour nous faire penser que d'autres causes que l'influence de la lumière et de la chaleur du soleil soient susceptibles de faire naître les couleurs. Cette question étant très importante, nous allons nous efforcer de l'éclaircir.

Il est hors de doute qu'il y a infiniment plus d'oiseaux et d'insectes aux riches couleurs entre les tropiques que dans les climats froids et tempérés; mais il n'est pas du tout certain que la proportion entre les individus à couleurs brillantes et ceux à couleurs ternes soit en même temps plus élevée. Les naturalistes et les collectionneurs savent fort bien qu'un grand nombre d'oiseaux des tropiques ont des couleurs sombres, et qu'il y a des familles entières, comprenant des centaines d'espèces, dont pas une ne porte la moindre trace d'une coloration brillante. Telles sont les Timalides de l'hémisphère oriental et les Dendrocolaptides de l'hémisphère occidental. Plusieurs groupes d'oiseaux répandus dans diverses contrées n'ont pas des couleurs plus riches dans la zone torride que dans les zones tempé-

rées; nous nommerons les grives, les roitelets, les engoulevents, les autours, les gélinottes des bois, les courlis et les bécasses. Si la lumière et la chaleur des tropiques exercent une action colorante directe, il est bien extraordinaire que, dans des groupes qui présentent tant de variétés de formes, de structure et d'habitudes, les espèces tropicales ne se distinguent pas de celles des zones tempérées.

Les oiseaux des tropiques aux brillantes couleurs appartiennent pour la plupart à des groupes qui sont entièrement ou presque entièrement limités à la zone torride, tels que les jaseurs, les toucans, les couroucous et les brèves (*Pitta*); mais comme il y a probablement autant de groupes n'ayant absolument que des couleurs ternes, tandis que d'autres comprennent à la fois des espèces à couleurs ternes et à couleurs brillantes en proportions presque égales, on ne peut guère trouver là une preuve que la lumière ou la chaleur de la zone tropicale aient l'influence qu'on leur attribue. D'ailleurs, il y a aussi des groupes représentés par des espèces à colorations plus brillantes dans les zones froides et tempérées que dans la zone torride.

Les canards et les plongeurs de la mer Arctique sont par exemple plus beaux que ceux de l'équateur, tandis que les aix de la Caroline, de l'Amérique tempérée, et les aix mandarins du nord de la Chine sont les plus belles espèces de la famille entière.

Parmi les faisans, nous avons les magnifiques faisans dorés et argentés du nord de la Chine et de la Mongolie, et l'altier lophophore, resplendissant dans le climat tempéré des districts nord-ouest de l'Himalaya, faisant pendant aux paons et aux magnifiques faisans de l'Asie méridionale. En second lieu, et c'est là un fait bien curieux, la plupart des oiseaux aux couleurs brillantes de la zone torride habitent les forêts, dont l'ombre les protège contre la lumière directe du soleil, et ils sont surtout nombreux près de l'équateur, où le ciel est très souvent voilé par des nuages ; tandis que des contrées exposées à toute l'influence de la lumière et de la chaleur possèdent des oiseaux aux couleurs ternes. Il en est ainsi dans le Sahara et dans d'autres déserts, dans lesquels presque tout ce qui vit a la couleur du sable ; mais le cas le plus curieux est celui des îles Gallopagos, situées sous l'équateur, dans le voisinage de l'Amérique méridionale où les couleurs les plus brillantes abondent : ces îles, au contraire, sont caractérisées par les teintes ternes et monotones de leurs oiseaux, de leurs insectes et de leurs fleurs, à tel point que leur aspect rappela à Darwin les parages froids et inhospitaliers de la Patagonie.

C'est en général dans les contrées intertropicales que les insectes

offrent les couleurs les plus magnifiques, et quiconque a vu une collection des papillons de l'Amérique du Sud ou de la Malaisie est certainement d'avis qu'ils ont des couleurs plus vives que les espèces européennes en général. En cela, on ne se trompe probablement pas; mais, si nous étudions la question de plus près, nous trouvons que tous les groupes qui offrent les plus brillantes couleurs sont exclusivement tropicaux, et que dans les genres répandus au loin il y a peu de différence pour la couleur entre les espèces des pays chauds et celles des pays froids. Ainsi les papillons vanesses de l'Europe, qui renferment les œils-de-paon, les vulcains, les amiraux, égalent en beauté les espèces tropicales du même groupe. La même observation s'applique aux petits Bläulinge et aux Feuerfalter, tandis que la beauté délicate des papillons dits Apollons des régions alpines ne peut guère être dépassée. Nous trouvons des anomalies encore plus grandes parmi d'autres insectes, qui ne sont pas si strictement bornés à un climat et à une végétation.

Dans la famille si nombreuse des Carabiques ou scarabées courants, voraces, les espèces des régions septentrionales égalent en coloris celles des tropiques, si elles ne les surpassent pas. Dans les pays chauds, il y a aussi partout des milliers d'espèces d'insectes à couleurs sombres, et, si on les avait toutes collectionnées, on trouverait probablement que la moyenne de la collection est la même que dans les climats tempérés.

C'est surtout dans le règne végétal que nous trouvons l'appréciation la plus fausse de la question. On croit généralement que la richesse et la diversité des couleurs des fleurs des tropiques ne peuvent être dépassées, ni absolument, ni comparativement, en proportion du nombre des espèces. Mes observations personnelles, faites pendant un séjour de douze années dans les régions tropicales des deux hémisphères, m'ont convaincu que cette croyance est absolument erronée, et que, en proportion du nombre total des espèces de végétaux, on trouve plus de fleurs à couleurs vives dans les zones tempérées que dans les zones les plus chaudes. On pourra se convaincre que cette affirmation n'est nullement aussi risquée qu'elle en a l'air, en comparant le nombre des plantes originaires des zones tempérées qui figurent parmi les ornements les plus exquis de nos serres et de nos expositions florales avec celui des plantes des pays chauds cultivées dans le même but. La magnificence des couleurs de nos rhododendrons, de nos azalées et camellias, de nos pélargoniums, calcéolaires et cinéraires, qui appartiennent tous aux zones tempérées, ne peut certainement pas être dépassée par les produits

des zones tropicales (1) ! Nous pouvons même aller plus loin et prétendre que les plantes aguerries contre les rigueurs de notre zone tempérée égalent celles des tropiques, si elles ne les surpassent pas. Nous n'avons qu'à rappeler les Roses, les Pivoines, les Mauves, les Gueules-de-lion, les *Laburnum*, les *Wistaria*, les Lilas, les Lis, les Iris, les Tulipes, les Jacinthes, les Anémones, les Gentianes et les Pavots, et même nos modestes Genêts, nos Bruyères et le Genêt d'Espagne, et nous pouvons porter un défi à n'importe quel pays des tropiques de nous montrer autant de fleurs à couleurs vives et variées. Il est possible que quelques arbustes et quelques fleurs de la zone torride surpassent tout ce que produit le reste de la terre, mais à cela il n'y a rien d'étonnant, car cette zone renferme une bien plus grande étendue de terre que les deux zones tempérées, et, à cause de son climat plus propice, elle produit un nombre proportionnellement plus grand d'espèces de plantes.

L'étude des forêts, des plaines et des montagnes intertropicales confirme pleinement cette opinion. Il existe par-ci par-là des endroits où nous sommes ravis et étonnés par la profusion des couleurs les plus magnifiques, mais en général l'œil ne rencontre que le vert éternel du feuillage, relevé par quelques rares fleurs qui n'attirent pas particulièrement l'attention. Les Orchidées mêmes, qui ornent nos serres de fleurs magnifiques, ne font pas exception à cette règle; nous ne les trouvons à profusion qu'en des endroits très favorables; les espèces à petites fleurs peu voyantes sont de beaucoup les plus nombreuses, et le temps de la floraison de chaque espèce est de si courte durée que ses fleurs produisent rarement un effet marqué de couleurs au milieu de l'immensité de verdure qui les environne. Un collectionneur, qui connaît bien les Indes orientales, me raconta

(1) On pourrait objecter que la plupart des plantes mentionnées sont des variétés choisies et cultivées, dont les couleurs surpassent de beaucoup celles de l'espèce primitive, tandis que les plantes tropicales sont pour la plupart des espèces sauvages. Mais au fond cela importe peu pour la question dont il s'agit ici; car les belles variétés obtenues par nos horticulteurs ont toutes été cultivées sous l'influence de notre ciel gris, et même sous une lumière encore amoindrie par le verre qui les protège contre les subites variations de notre température, de sorte qu'elles fournissent une preuve de plus que la lumière et la chaleur des tropiques ne sont pas nécessaires pour produire une coloration vive et variée. Un autre point plus important, c'est que ces variétés cultivées prennent la place de beaucoup d'espèces sauvages, qui n'ont jamais ou qui n'ont guère été cultivées. Il y a des douzaines d'espèces de Mauves sauvages, dont les couleurs sont aussi variées que celles des variétés cultivées; on peut dire la même chose des Pentstémons, des Rhododendrons et de beaucoup d'autres fleurs, et on pourrait obtenir un très joli effet en rassemblant des exemplaires vigoureux de toutes ces espèces. Mais il est plus lucratif pour nos horticulteurs d'élever des variétés nombreuses d'une ou de deux espèces, qui demandent toutes une culture à peu près pareille, que cinquante espèces différentes dont la plupart exigent des soins particuliers. De là vient que la beauté multicolore de la flore des pays tempérés n'est guère connue que des botanistes et de quelques rares amateurs.

un jour que sur une seule montagne de Java, croissent trois cents espèces d'Orchidées, mais que dans ce nombre il n'y en a que deux pour cent d'assez attrayantes par leurs couleurs pour qu'on les envoie en Europe comme articles de spéculation. Les pâturages et les rochers des Alpes, les plateaux du cap de Bonne-Espérance et de l'Australie, les prairies de l'Amérique du Nord produisent un nombre et une diversité de fleurs colorées qui certes ne sont pas surpassés entre les tropiques.

III

Il nous semble donc que nous pouvons répudier la théorie d'après laquelle le développement des couleurs dans la nature dépendrait directement de la somme de chaleur et de lumière solaires, ou serait en un rapport quelconque avec elle. Cette théorie n'est en effet nullement appuyée sur des faits. Cependant quelques phénomènes exceptionnels et peu connus prouvent que la lumière exerce dans quelques cas rares une influence directe sur la couleur des objets naturels. Nous allons étudier ces cas avant d'aller plus loin.

Il y a quelques années, M. T. W. Wood appela l'attention sur la singulière variation qui se produit dans les couleurs de la chrysalide du petit papillon blanc des choux (*Pontia Rapæ*), lorsqu'on enferme les chenilles dans des boîtes dont les parois ont des couleurs différentes. Ainsi, dans des boîtes noires, les chrysalides deviennent très foncées ; dans des boîtes blanches, elles deviennent presque blanches. Il prouva ensuite que ces mêmes différences se produisent à l'état de liberté, des chrysalides fixées sur une muraille blanchie à la chaux devenant presque blanches, tandis que sur un mur rouge elles deviennent rougeâtres, et que celles qui sont suspendues à un poteau goudronné sont presque noires. On a aussi remarqué que le cocon du paon de nuit est blanc ou brun d'après la couleur de son entourage. Mais l'exemple le plus remarquable de ces différences est offert par la chrysalide d'un papillon d'Afrique (*Papilio Nireus*) que Mme Barber a observée au Cap et décrite dans les *Transactions of the Entomological Society*, 1874, p. 19 (avec planche coloriée). Cette chenille vit sur l'oranger, et aussi sur un arbre forestier (*Vepris lanceolata*) dont les feuilles sont d'un vert plus clair, et sa couleur concorde avec celle des feuilles dont elle se nourrit ; lorsqu'elle vit sur l'oranger, elle est d'un vert plus foncé que dans l'autre cas. On trouve ordinairement la chrysalide suspendue entre les rameaux

de l'arbre nourricier ou d'un arbre voisin, mais elle s'attache probablement souvent à de plus grosses branches ; et Mme Barber a découvert qu'elle a la propriété de prendre plus ou moins la couleur d'un objet quelconque avec lequel elle se trouve en contact. On mit un grand nombre de chenilles dans une serre couverte de verre. Un des côtés de la serre était un mur de briques rouges; les autres côtés étaient en bois jaunâtre. Les chenilles furent nourries avec des feuilles d'oranger, et on introduisit aussi un rameau de *Banksia* dans la serre. Lorsqu'elles furent arrivées au terme de leur développement, quelques-unes s'attachèrent aux rameaux d'oranger, d'autres à la branche de *Banksia ;* toutes se transformèrent en des chrysalides vertes, mais la couleur de chacune de ces dernières concordait exactement avec celle des feuilles qui l'environnaient : les unes étaient d'un vert foncé, les autres d'un vert mat et pâle. Une autre chenille s'attacha au bois, et la chrysalide en acquit la couleur jaunâtre, tandis qu'une autre, s'étant fixée dans le point où le bois et la brique se touchaient, devint jaune d'un côté et rouge de l'autre ! Ces curieuses variations auraient probablement été accueillies avec méfiance, si l'on n'avait connu déjà les observations de M. Wood. En face de ces deux témoignages concordants, nous sommes forcés de les accepter comme de véritables phénomènes physiques. C'est une sorte de photographie naturelle ; les rayons colorés auxquels la jeune chrysalide, dans son état mou et demi transparent, est exposée, exercent une influence chimique sur les sucs organiques, qui fait que la même couleur est produite dans l'enveloppe durcie. Il est cependant intéressant de noter que la coloration qui peut être obtenue ainsi paraît se borner au domaine des couleurs des corps pour lesquels existe une certaine probabilité d'affinité avec les chrysalides ; car Mme Barber, ayant enveloppé une des chenilles d'un morceau de drap écarlate, n'obtint aucun changement de couleur : la chrysalide conserva la couleur verte ordinaire, les petites taches rouges qui l'émaillaient étant seulement plus brillantes que d'habitude.

Les changements de couleur dont nous venons de parler sont absolument involontaires chez les chenilles et les chrysalides ; et il en est de même dans la grande majorité des cas où ils se produisent chez d'autres animaux. Chez quelques animaux supérieurs, la couleur du tégument peut cependant changer au gré de l'animal, ou tout au moins par une action réflexe qui dépend de sa sensibilité. L'exemple le plus remarquable de cette catégorie de faits est offert par le caméléon, qui peut passer du blanc pâle, qui est sa coloration normale, à une multitude d'autres nuances. Comme cause de cette singulière

faculté, on a indiqué deux couches de cellules pigmentaires mobiles, encastrées profondément dans la peau, mais pouvant être amenées près de la surface. Les couches colorées sont jaunâtres et blanchâtres, et elles peuvent être pressées vers la surface par l'action de muscles appropriés, soit ensemble, soit une à une. S'il n'y a pas de pression, la couleur est d'un blanc sale, qui se change en diverses nuances de vert, jaune, brun, ou prend une teinte bleuâtre, suivant que plus ou moins de l'une ou de l'autre matière colorante est pressée vers la surface et devient visible. L'animal est excessivement paresseux et sans moyens de défense, et sa faculté de faire accorder sa coloration avec celle des objets environnants est très importante pour sa protection. Ici encore, comme chez la chrysalide de *Papilio Nireus*, certaines couleurs, comme l'écarlate et le bleu pur, qui ne se rencontrent pas dans l'entourage de l'animal, ne peuvent pas être produites. Un changement de couleur un peu analogue s'observe chez plusieurs crevettes et chez des poissons plats, suivant la couleur du fond au-dessus duquel ils se trouvent. Cette faculté est très marquée chez la crevette-caméléon (*Mysis Chamæleon*). Elle est grise, lorsqu'elle se trouve sur du sable ; mais elle devient brune ou verte entre les herbes marines qui offrent ces couleurs. On sait par des expériences que ces variations ne se produisent pas lorsqu'on a rendu l'animal aveugle, de sorte que nous avons probablement là encore une action involontaire ou réflexe (1).

On sait que beaucoup d'insectes d'une même espèce ont une couleur différente suivant le milieu. Cette propriété est très marquée chez quelques sauterelles du sud de l'Afrique, dont les couleurs s'harmonisent avec la couleur du sol sur lequel on les trouve, tandis que certaines chenilles, qui se nourrissent de deux ou de plusieurs plantes différentes, varient leur couleur d'après celles-ci. M. R. Meldola a cité quelques faits semblables (2) et il est possible que quelques-unes des variations indiquées puissent être attribuées à une action photographique de la lumière réfléchie. Dans d'autres cas, il a été prouvé que la chlorophylle verte demeure inaltérée dans les vaisseaux des insectes herbivores, et, comme elle est visible à travers le tégument transparent, elle produit la même couleur que celle de la plante nourricière.

(1) Le lecteur peut trouver des détails très intéressants sur ce sujet dans *Beiträge zur Descendenz-Theorie* de Seidlitz. I. *Die chromatische Funktion als natürliches Schutzmittel* (Leipzig, 1876).

(2) *Variable protective coloring in Insects*, in *Proc. of Zoological Soc. of London*, 1873, p. 153.

La singulière faculté de changer de couleur et de s'adapter ainsi aux divers milieux ne constitue cependant qu'une exception. Dans la règle, il n'existe pas de rapport direct entre la couleur des organismes et celle de la lumière à laquelle ils sont exposés. On voit cela distinctement chez les poissons et chez d'autres animaux qui vivent dans la mer, par exemple chez les tortues, dont le dos est toujours d'une couleur foncée, quoique exposé à la lumière blanche et bleue du ciel et des nuages, tandis que leur ventre est très généralement blanc, quoiqu'il reçoive constamment la lumière bleu foncé et vert sombre du fond. Lorsqu'on regarde d'en haut le dos d'un poisson, il est presque invisible, tandis que le dessous clair de son corps serait également invisible sur le fond clair des nuages et du ciel, pour un ennemi qui regarderait de bas en haut. Les magnifiques couleurs des papillons qui habitent les profondeurs des forêts tropicales n'ont aucun rapport avec l'espèce de lumière qui les éclaire et qui est réverbérée presque entièrement par le sombre feuillage, par la terre d'un brun foncé ou par le ciel bleu, et les brillantes ailes de plusieurs scarabées, qui ne sont déployées que pendant la nuit, forment un contraste frappant avec la couleur terne des élytres, qui sont plus ou moins exposées aux différentes couleurs de la nature environnante.

IV

Nous concluons donc que ni l'influence générale de la lumière et de la chaleur solaires, ni l'action particulière des rayons diversement colorés, ne sont les causes déterminantes de la merveilleuse diversité, de l'intensité et de la bigarrure des couleurs, que la flore et la faune offrent à nos yeux. Nous envisagerons donc ces couleurs sous un point de vue plus étendu, et nous les réunirons en groupes d'après les services qu'elles rendent réellement à leurs possesseurs ou d'après les rapports particuliers dans lesquels elles sont avec leurs habitudes. Cette classification biologique, comme nous pouvons l'appeler, des couleurs des organismes vivants, nous paraît se prêter à la répartition suivante en cinq groupes :

Animaux.

1° Couleurs protectrices ;
2° Couleurs avertissantes;

a. D'animaux protégés d'une manière particulière ;
b. D'animaux sans protection, qui imitent ceux du groupe *a* ;
3° Couleurs sexuelles ;
4° Couleurs typiques (des espèces ou des genres).

PLANTES.

5° Couleurs attrayantes.

V

La nature des deux premiers groupes, des couleurs protectrices et avertissantes, a été traitée et illustrée si complètement dans mon chapitre sur *L'imitation et sur d'autres analogies protectrices parmi les animaux* (1) qu'il sera suffisant d'en donner ici quelques mots d'explication générale. Les couleurs protectrices sont extrêmement nombreuses dans la nature ; toute la faune couleur de sable du désert, tous les animaux blancs des régions arctiques, et tous les animaux et les insectes verts des forêts tropicales en sont pourvus. De même, nous connaissons des milliers de cas d'analogies de coloration d'oiseaux avec l'entourage de leurs nids, et d'insectes avec l'écorce, les feuilles, les fleurs ou le sol sur lesquels ils vivent. Des mammifères, des poissons et des reptiles, aussi bien que des mollusques et d'autres animaux marins invertébrés offrent des phénomènes pareils ; et plus on recherche les habitudes des animaux, plus on trouve des cas dans lesquels leurs couleurs ont pour effet de les cacher soit pour leurs ennemis, soit pour les êtres dont ils se nourrissent. Une des plus singulières et des plus récemment observées de ces analogies m'a été communiquée par sir Charles Dilke. On lui montra à Java un *Mantis* couleur de chair, qui, au repos, ressemblait exactement à une fleur d'Orchidée de la même couleur. Le *Mantis* est un insecte carnivore, qui se tient immobile pour guetter sa proie, et sa ressemblance avec une fleur est donc faite pour attirer les insectes dont il se nourrit. Cette espèce vit particulièrement de papillons, et elle représente ainsi un piège vivant, qui forme en même temps son propre appât (2) !

(1) WALLACE, *Beiträge zur Theorie der natürlichen Zuchtwahl*, Deutsch von A. B. MEYER. Erlangen 1870.

(2) Schweinfurth raconte (*Im Herzen Afrika's*, I, p. 391) les faits suivants concernant le mimétisme de plusieurs espèces de *Mantis*, dans le pays de Dinka. Sur les fleurs grosses comme le poing et d'un pourpre magnifique d'un *Echinops* qui s'élève à hauteur d'homme dans l'herbe des clairières, des forêts, se tenaient des *Mantis* à formes bizarres, dont toutes les parties du corps étaient du même rouge pourpre que la magnifique inflorescence qui repré-

Quiconque a observé des animaux et surtout des insectes dans leur milieu habituel peut comprendre comment il se fait qu'un insecte, qui attire immédiatement les yeux dans une collection, peut cependant échapper à la vue lorsqu'il se trouve dans son entourage et dans sa position au repos. Nous ne pouvons presque jamais décider, en voyant un animal isolé, si ses couleurs servent à le protéger ou non. Personne ne croirait que la chenille, si particulièrement jolie, du Paon de nuit, dont le vert est parsemé d'étoiles d'un rouge pâle, est protégée par ses couleurs; et cependant, lorsqu'elle se nourrit de Bruyères, elle s'harmonise si bien avec la verdure et les fleurs, qu'elle est presque introuvable. Chaque jour, on découvre, même dans notre pays, de nouveaux cas de coloration protectrice, et il devient de plus en plus clair que le besoin d'une protection a exercé une grande influence sur la coloration des animaux.

La deuxième classe, celle des couleurs avertissantes, est excessivement intéressante, le but et l'effet n'étant pas de cacher, mais au contraire de faire ressortir l'objet vivant. Il est utile à ces animaux d'être vus et reconnus, parce qu'ils possèdent des moyens de défense qui suffisent à détourner leurs ennemis de les attaquer, une fois qu'ils sont connus, mais qui en général ne suffiraient pas à sauver la vie de l'animal, si l'attaque avait lieu. Les meilleurs exemples de ces animaux si singulièrement protégés sont fournis par deux familles très étendues de Papillons : les Danaïdes et les Acridiens, qui renferment des centaines d'espèces et qui habitent les pays chauds des deux hémisphères. Ces insectes sont généralement grands, tous très visibles, souvent magnifiquement colorés et ornés de toutes les couleurs et de tous les dessins imaginables; ils volent tous lentement et n'essayent jamais de se cacher. Malgré cela, ni un oiseau, ni une araignée, ni un lézard, ni un singe ne les touchent jamais, quoique ces animaux mangent d'autres papillons. La raison de ce fait est qu'ils ne peuvent servir de nourriture, leurs humeurs ayant une odeur et un goût si pénétrants que tous les animaux les ont en profonde aversion. Main-

sentait leur microcosme, comme la grenouille verte ou rainette vit sur le jeune feuillage, ou la poule de neige sur les plaines blanches du Nord. Dans cette partie de l'Afrique, on trouve plusieurs espèces de ce genre multiforme. Toutes les fois que j'en rencontrai, je fus frappé de ce qu'elles s'efforcent partout de choisir leur résidence d'après la couleur de leur corps, de manière qu'elles surprennent le collectionneur de plantes comme de véritables fantômes. Leur conformation monstrueuse fait véritablement penser à des harpies. A première vue, les têtes de l'*Echinops*, dans lesquelles les insectes étaient blottis, paraissaient être des difformités de la plante, parce que les tentacules, tendus vers le ciel comme ceux de la Mante Prie-Dieu ou Religieuse, sortaient du glomérule comme s'ils étaient des fleurs monstrueuses. J'ai trouvé des espèces rouges, jaunes, vertes et brunes; la plus remarquable de toutes était d'un vert d'herbe et fut trouvée sur le sommet de ma tente, pendant mon séjour dans la Meschera; elle était longue d'au moins dix pouces!

tenant, nous voyons aussi pourquoi ils ont des couleurs si voyantes et un vol si lent. Il leur est bon d'être vus et reconnus, car ainsi ils ne sont jamais attaqués ; mais s'ils ressemblaient par leurs formes ou leurs couleurs à d'autres papillons, ou s'ils volaient assez vite pour que leurs signes distinctifs ne pussent être observés, ils seraient attrapés et, quand même ils ne seraient pas dévorés, pourraient être blessés ou tués. Dès que la raison de la coloration de ces papillons fut reconnue, on vit aussi que la même explication est applicable à d'autres espèces d'animaux. Ainsi, les abeilles, les guêpes et autres insectes pourvus d'aiguillons sont très visibles et reconnaissables à leurs couleurs ; beaucoup de scarabées mous et sans moyens de protection apparents et beaucoup de phalènes à couleurs vives sont d'un goût aussi répulsif que les papillons sus-nommés; d'autres scarabées, couverts d'un corselet dur et brillant qui les rend presque inmangeables par les oiseaux insectivores, ont souvent aussi des couleurs ostensibles. La même règle s'applique aussi aux chenilles, toutes les espèces brunes ou vertes (c'est-à-dire pourvues de couleurs protectrices) étant dévorées par les oiseaux, tandis que les espèces voyantes, qui ne se cachent jamais, — les Stachelbeerspanner et les Wollkrantenlen (Verbasci), — sont absolument refusées comme nourriture par les oiseaux insectivores, les lézards, les grenouilles et les araignées. Parmi les vertébrés, on trouve quelques exemples analogues. Je ne veux citer ici qu'un cas très intéressant, qui n'a pas encore été mentionné dans mon ouvrage précédent. M. Belt nous raconte, dans son livre ravissant *The naturalist in Nicaragua*, que dans ce pays il existe une grenouille très commune, qui sautille tout le jour, ne se cache jamais et qui est parée de rouge et de bleu. Or, en général, les grenouilles sont vertes, brunes, ou couleur de terre ; elles mangent le plus souvent dans l'obscurité et servent de nourriture aux serpents et aux oiseaux. M. Belt, qui avait pleine confiance dans la théorie des couleurs protectrices et avertissantes, qu'il avait appuyée lui-même par quelques faits notables, était convaincu que cette grenouille ne devait pas être bonne à manger. Il en emporta une chez lui et la jeta devant ses canards et ses poules; tous se refusèrent d'y toucher, excepté un jeune canard qui la prit dans son bec, mais la laissa retomber aussitôt et s'enfuit en secouant la tête, comme s'il voulait se défaire d'une impression répulsive. Dans ce cas, la couleur et les habitudes de cette grenouille avaient fait prédire qu'elle n'était pas bonne à manger, et nous ne pouvons avoir de preuve plus convaincante de la vérité d'une théorie que de pareilles prédictions.

Le fait que tous les carnivores ne touchent en général pas aux

animaux ainsi protégés, et que ceux-ci sont par suite préservés contre les incessantes poursuites auxquelles sont exposés les animaux non protégés de cette manière, rendrait avantageux à ces derniers d'être considérés par erreur comme appartenant à ces premiers groupes. Pour cela, ils devraient avoir les mêmes formes, les mêmes couleurs et les mêmes habitudes. Il est digne de remarque que, partout où se trouve un groupe étendu d'animaux directement protégés (division *a*, protégés par des couleurs avertissantes), il se trouve aussi des animaux sans autre moyen de défense, qui ressemblent si bien aux premiers qu'on peut s'y tromper et qui se procurent ainsi quelque sécurité pour ainsi dire sous de faux prétextes (division *b*, animaux protégés par des couleurs avertissantes). C'est là ce qu'on appelle du mimétisme, et ce phénomène a déjà été traité à fond par celui qui l'a découvert, M. Bates, par moi-même, par M. Trimen et par d'autres. Il suffit de dire ici que les Danaïdes et les Acræidiens non mangeables sont accompagnés de deux ou trois autres genres de papillons (Leptalides, Papilio, Diadèmes) et des Tinéites, qui sont tous mangeables, mais qui échappent aux dangers, à cause de leur grande ressemblance avec l'une ou l'autre espèce des groupes non comestibles. Il existe aussi quelques scarabées comestibles qui ont exactement le même aspect que les espèces des groupes non comestibles; d'autres, qui sont mous, ressemblent à ceux qui sont évités à cause de leur dureté. Pour la même raison, de petits papillons affectent la forme de guêpes, et des scarabées celle de fourmis; des serpents inoffensifs ont l'aspect de ceux qui sont venimeux, et des coucous désarmés ressemblent à des autours dangereux. Dans le livre déjà cité, j'ai exposé comment ces singulières imitations sont amenées, et à quelles lois elles sont soumises.

La troisième classe — celle de la coloration sexuelle — renferme tous les cas dans lesquels les couleurs des deux sexes diffèrent. Cette distinction est très générale et très inégale quant à son importance; elle varie entre une simple déviation de nuances et une complète différence de coloration. Dans toutes les classes d'animaux dans lesquelles les sexes sont séparés, on rencontre ces différenciations, qui sont pourtant beaucoup plus nombreuses dans certains groupes que dans d'autres. Chez les mammifères, les reptiles et les poissons, elles sont relativement rares et peu importantes, tandis qu'elles sont très fréquentes et très développées chez les oiseaux. Chez les insectes, les différences sont fréquentes et grandes parmi les papillons, tandis qu'elles sont comparativement rares parmi les scarabées, les guêpes et les hémiptères.

Ces phénomènes de différenciation des couleurs d'après les sexes se présentent à nous d'une manière frappante dans deux groupes, qui jouent un rôle analogue dans la nature, mais qui ne sont nullement parents, les oiseaux et les papillons, et, puisque ces deux groupes d'animaux nous offrent une matière abondante d'observation, nous les prendrons principalement pour sujet de notre étude. Le cas le plus ordinaire de coloration différente d'après les sexes est que le mâle a en général la même couleur que la femelle, mais avec une teinte plus foncée et plus brillante. Il en est ainsi chez beaucoup de grives, de passereaux et d'autours, et, parmi les papillons, chez la plupart des espèces vivant dans les Iles-Britanniques. La vivacité plus grande de la couleur est surtout très marquée lorsque le mâle est plus petit, comme chez beaucoup d'autours et de faucons, et chez la plupart des papillons de jour et de nuit, chez lesquels les sexes ne diffèrent pas essentiellement de couleur.

Dans d'autres groupes très étendus, nous voyons chez le mâle des taches d'une vive couleur, qui ne se retrouvent chez la femelle qu'avec des nuances beaucoup plus pâles, ou manquent totalement, comme par exemple chez le roitelet huppé (*Regulus cristatus*), le pic vert, et chez la plupart des papillons du genre *Anthocharis*. En continuant notre revue, nous trouvons des différences de plus en plus grandes entre les sexes, et enfin nous arrivons à des cas extrêmes, comme ceux de quelques faisans, des jaseurs, des tanagridés et des oiseaux de paradis, chez lesquels la femelle est d'ordinaire d'un brun mat ou d'un vert olive et n'approche souvent en rien de la brillante parure colorée de son époux. Chez beaucoup de pics, la tête du mâle est rouge, celle de la femelle jaune; tandis que quelques perroquets mâles ont des taches rouges, qui sont bleues chez les femelles, comme chez *Psittacula diophthalma*. Chez beaucoup d'espèces de papillons de l'Amérique du Sud, le mâle a des taches vertes, et la femelle a des taches correspondantes rouges; dans plusieurs espèces du genre *Epicalia*, le mâle a des raies oranges, la femelle des raies bleues; c'est donc à peu près la même variation de couleur que chez les petits perroquets que nous venons de nommer (1).

Le quatrième groupe — celui des animaux à couleurs typiques — renferme toutes les espèces, dont les deux sexes ont des couleurs brillantes ou marquantes, auxquelles nous ne pouvons assigner une utilité particulière. Il renferme un très grand nombre d'oiseaux

(1) Les lecteurs trouveront des détails plus abondants sur les différences de couleurs d'après les sexes dans *L'origine du genre humain*, chap. X-XVIII, et dans les chap. III, IV et VII de mes *Contributions à la théorie de la sélection sexuelle.*

magnifiques, tels que les alcénidés, les capitonidés, les toucans, les loris, les mésanges et les étourneaux; parmi les insectes, il compte la plupart des plus belles et des plus grandes espèces de papillons, d'innombrables scarabées à couleurs brillantes, des sauterelles, des libellules et des hyménoptères, quelques mammifères comme les zèbres, un grand nombre de poissons de mer, des milliers de chenilles rayées et tachetées et une multitude de mollusques, d'astéries et autres habitants de la mer. Nous y avons ajouté quelques animaux qui ont des couleurs avertissantes, tels que les chenilles à couleurs vives; mais, comme cette théorie-là ne donne pas l'explication des couleurs particulières ou des différents dessins dont ils sont parés, le mieux est de les ranger aussi dans cette classe.

Le fait que toutes les espèces d'oiseaux à couleurs brillantes couvent dans des trous ou se bâtissent des nids couverts a peut-être son importance, en ce que les femelles n'ont pas besoin pendant l'incubation de cette protection, que je crois être une des causes principales des couleurs ternes des femelles d'oiseaux dont les mâles ont des couleurs vives (1).

Les couleurs des plantes et des fleurs étant très différentes de celles des animaux, aussi bien quant à leur division qu'à leur fonction, il sera bon de les traiter séparément. Nous allons donc considérer maintenant comment les faits généraux de coloration que nous avons esquissés peuvent être expliqués.

VI

Les couleurs que nous observons dans les objets sont produites soit par l'absorption, soit par l'interférence de quelques-uns des rayons qui forment la lumière blanche par leur combinaison. Les couleurs d'absorption sont les plus nombreuses; elles renferment toutes les couleurs de fleurs et d'insectes accompagnées de non-transparence et existent dans toutes les nuances des matières colorantes. Elles proviennent de ce que des rayons, dont les ondulations ont une certaine longueur, sont absorbés, tandis que les autres rayons sont réfléchis et font naître la sensation de la couleur. Si tous les rayons colorés de la lumière solaire sont réfléchis dans la proportion voulue, la couleur d'un objet est blanche; s'ils sont tous absorbés, elle est

(1) Ce sujet a été traité abondamment dans mes *Contributions*, chap. VII.

noire. Si les rayons bleus sont seuls absorbés, la couleur qui apparaît est le rouge orangé, et en général, lorsque nous voyons un objet d'une couleur quelconque, c'est que les rayons colorés complémentaires de cette couleur sont absorbés par lui. Quant au fait que seuls des rayons d'un certain degré de réfrangibilité sont réfléchis, tandis que le reste de la lumière est absorbée par les objets, nous en trouvons l'explication dans l'arrangement moléculaire de la matière qui forme l'objet en question. Une action chimique occasionne presque toujours aussi un changement dans l'arrangement moléculaire, et l'action chimique est la cause la plus puissante du changement de couleur. Quelquefois, la simple solution d'un corps dans l'eau produit un changement surprenant; c'est le cas pour les couleurs bien connues d'aniline; le rouge magenta et le violet d'aniline ont des nuances dorées ou bronzées sous la forme compacte. M. Ackroye a étudié récemment ce sujet, et a montré qu'un grand nombre de corps, qui sont modifiés par la chaleur, reprennent leur coloration normale lorsqu'ils refroidissent, et que ce changement de couleur se fait presque toujours dans la direction des rayons de moindre réfrangibilité ou des plus grandes longueurs des ondes de la lumière; et il établit une connexité entre le changement de couleur et l'espacement des molécules causé par la chaleur. On peut citer comme exemple l'oxyde de mercure, qui est à froid d'un jaune orangé, mais qui devient successivement rouge orange, rouge et brun à mesure qu'on le chauffe; l'oxyde de chrome est vert et devient jaune quand on le chauffe; le cinabre est rouge écarlate et devient rouge brunâtre; tel sel de cuivre qui est naturellement bleu, devient vert et jaune verdâtre sous l'influence de la chaleur.

Les matières colorantes des animaux sont d'espèces très différentes. Dans le rouge des ailes du touraco, on a trouvé du cuivre, et M. Sorby n'a pas trouvé moins de sept matières colorantes distinctes dans les œufs d'oiseaux, dont quelques-unes ont une analogie chimique avec celles du sang et de la bile. Les mêmes couleurs sont souvent produites, dans des groupes différents, par des matières différentes, ce qui est démontré entre autres faits par celui-ci que le rouge des ailes de la mite de la pimprenelle est changé en jaune par l'acide nitrique, tandis que le rouge du papillon amiral rouge ne subit pas cette transformation.

Les colorations produites par des matières colorantes ont un caractère différent chez les animaux, d'après la place occupée par ces matières dans l'enveloppe animale. D'après la classification du Dr Hagen, « les couleurs de l'épiderme » sont celles qui se trouvent

chez les insectes dans le tégument extérieur, contenant de la chitine, dans les poils des mammifères et en partie dans les plumes des oiseaux. Elles sont souvent très prononcées et voyantes, et ne pâlissent pas après la mort. Les couleurs de l'hypoderme sont celles qui se trouvent dans les couches inférieures molles de la peau. Celles-ci sont souvent plus claires et plus vives dans leurs nuances et se fanent ordinairement après la mort. Beaucoup de couleurs rouges et jaunes des papillons et des oiseaux appartiennent à cette classe, et aussi les couleurs si vives de la peau de la tête de beaucoup d'oiseaux. Ces matières colorantes sortent parfois par les pores et forment une efflorescence plus pâle à la surface.

Les couleurs qui sont produites par l'interférence sont moins nombreuses dans le monde organique. Elles sont produites de deux manières : soit par la réflexion des deux surfaces d'une membrane transparente, comme on peut le voir sur des bulles de savon et à de minces couches d'huile étalées sur de l'eau; soit par des stries fines qui produisent des couleurs sous l'influence d'une lumière réfléchie ou par transparence, comme on peut l'observer sur la nacre et sur les surfaces métalliques finement rayées. Dans les deux cas, la couleur provient de ce que les rayons lumineux, dont les ondes ont une certaine longueur, sont neutralisés, parce qu'une partie de ces ondes reste en arrière de la moitié d'une ondulation sur l'autre partie, comme cela est expliqué dans tout manuel d'optique. Le résultat est que la couleur complémentaire des rayons lumineux neutralisés devient visible, et, comme l'épaisseur de la membrane ou la finesse des rayures peut différer par endroits, des couleurs différentes peuvent apparaître dans des points différents. Ce fait est considéré comme la cause de beaucoup de couleurs à reflets métalliques des insectes aussi bien que des plumes des oiseaux. Les couleurs d'arc-en-ciel des ailes des libellules sont produites par la superposition de deux ou de plusieurs feuillets, tandis que le bleu éclatant du lépidoptère chatoyant et d'autres papillons est probablement dû à de fines rayures.

Quoique cette esquisse de la nature des couleurs dans le monde organique ne soit pas complète, elle suffira à montrer combien les causes qui tendent sans cesse à produire des couleurs dans les tissus animaux sont multiples et diverses. Si nous considérons maintenant que, pour produire le blanc, tous les rayons qui frappent un corps doivent être réfléchis dans les mêmes proportions dans lesquelles ils sont mélangés dans la lumière solaire, tandis que d'un autre côté, si des rayons d'une ou de plusieurs espèces sont absorbés ou neutra-

lisés, la lumière réfléchie sera colorée, et que cette coloration peut varier à l'infini, d'après les proportions dans lesquelles différents rayons sont réfléchis ou absorbés, — nous devons déjà nous attendre à ce que le blanc soit relativement rare et exceptionnel dans la nature; c'est en effet ce qui existe. La même observation s'applique au noir, qui provient de l'absorption de tous les différents rayons de la lumière solaire.

Beaucoup de principes composés, qui se trouvent dans les corps des animaux et des plantes, sont sujets à des variations de couleur sous l'influence de la lumière, de la chaleur ou de phénomènes chimiques, et nous savons que, pendant le processus physiologique du développement et de la croissance, il se produit constamment des phénomènes chimiques. Nous découvrons aussi que chaque trait caractéristique extérieur est soumis à de petits changements qui deviennent ordinairement visibles pour nous dans des espèces voisines; nous ne pouvons donc pas douter que l'extension et l'épaisseur des feuillets transparents et la finesse des rayures ou des rides des téguments subissent constamment de petites variations; et ces variations produisent souvent des changements de couleurs.

D'après ces considérations il est très probable que la couleur est un résultat normal et même nécessaire de la structure compliquée des animaux et des plantes; et que c'est dans les parties de l'organisme, qui s'adaptent constamment à de nouvelles conditions, et qui sont aussi constamment soumises à l'action de la lumière et de la chaleur, que les variations de couleur seront les plus fréquentes. Il n'est guère douteux que les variations extérieures des animaux et des plantes pour s'adapter à leur milieu soient beaucoup plus nombreuses que les variations intérieures. On le voit aux caractères variés des téguments et des appendices des animaux (les poils, les cornes, les écailles, les plumes, etc.), et de même chez les plantes (les feuilles, les écorces, les fleurs, les fruits), en comparaison avec l'uniformité relative de la charpente intérieure du corps; et ceci concorde aussi avec l'uniformité de la couleur du sang, des muscles, des nerfs et des os dans des groupes très étendus d'animaux, comparée avec la grande diversité des couleurs de leurs organes extérieurs.

On paraît aussi être fondé à conclure que la couleur peut être considérée comme un fait normal, et que sa présence n'exige pas une explication spéciale; tandis que l'absence de couleur (c'est-à-dire le blanc ou le noir) ou la prédominance de certaines couleurs à l'exclusion d'autres doivent être rapportées aux besoins d'une espèce, aussi bien que d'autres transformations dans le mode d'existence d'êtres

vivants. Ou bien, en envisageant la question à un autre point de vue, nous pourrions dire que la couleur tend toujours à apparaître en nuances différentes, dans les corps où celles-ci manquent et que la sélection naturelle efface continuellement les nuances qui sont nuisibles à l'espèce, tandis qu'elle conserve et accentue celles qui sont avantageuses.

Ceci concorde parfaitement avec le fait que des couleurs qui n'apparaissent jamais ou presque jamais dans une espèce à l'état de nature surgissent constamment dans des animaux domestiques et des plantes cultivées. La faculté de développer des couleurs est donc toujours présente, de sorte que presque toute nuance désirée peut être produite si elle peut être d'une utilité quelconque dans des circonstances déterminées.

Voyons maintenant comment ces principes peuvent nous servir à expliquer les différents phénomènes de coloration que nous constatons dans la nature, en suivant l'ordre de la classification que nous avons établie d'après leur utilité pour l'existence.

VII

Théorie des couleurs protectrices. — Nous avons vu que les couleurs ternes ou protectrices existent avec leurs gradations variées à l'infini dans chaque division du règne animal. Des familles ou des tribus entières sont souvent ainsi colorées. Les différentes nuances brunes, terreuses, cendrées, les couleurs neutres en général sont produites le plus facilement, parce qu'elles proviennent du mélange irrégulier de différents rayons colorés; tandis que les nuances pures exigent des rayons d'une seule espèce, ou des mélanges déterminés de deux ou de plusieurs espèces de rayons lumineux dans une proportion déterminée. On peut s'en convaincre par la difficulté relative d'obtenir des nuances pures par le mélange de deux ou de quelques matières colorantes, tandis qu'un mélange fait au hasard de plusieurs matières colorantes fournit presque à coup sûr des couleurs neutres ou sales, brunâtres ou olivâtres. Une absorption indéterminée ou irrégulière de quelques rayons lumineux et la réfraction des autres produiraient donc des tons estompés, tandis que les couleurs pures et vives exigent une absorption parfaitement déterminée d'une partie des rayons colorés, pour que l'autre partie puisse produire la vraie couleur complémentaire.

Cela étant ainsi, nous pouvons nous attendre à rencontrer les nuances brunes lorsque le besoin de protection est peu urgent ou n'existe pas du tout, en supposant que les couleurs vives ne soient pas d'une utilité quelconque à l'espèce. Dès que, au contraire, une couleur pure peut servir de protection, comme le vert dans les forêts des tropiques, ou le blanc sur les plaines arctiques couvertes de neige, il n'est pas difficile de les faire naître au moyen de la sélection naturelle par de petites déviations constantes dans les nuances. De pareilles déviations peuvent être causées, comme nous l'avons vu, de différentes manières, soit par un changement chimique des sécrétions, soit par une modification moléculaire dans la structure de la surface du corps; elles peuvent aussi être causées par un changement dans la nourriture, par l'action photographique de la lumière et par le processus normal de variation dans la génération. Les couleurs protectrices ne sont donc pas difficiles à expliquer, quelque bizarres et compliquées qu'elles puissent être dans certains cas.

VIII

Théorie des couleurs avertissantes. — Celles-ci sont nettement distinctes de celles de la classe précédente et offrent une diversité de couleurs brillantes souvent accompagnée d'une très grande pureté de tons, de dessins curieux et de contrastes marqués. Leur utilité est de rendre les corps très visibles et ne dépend pas de la présence de telle ou telle couleur; nous trouvons donc dans ce groupe quelques-uns des organismes les plus merveilleusement colorés. Beaucoup de chenilles qui ne sont pas mangeables sont remarquablement jolies, tandis que les Danaïdes, les Eliconides et les groupes préservés de Papillonides comprennent une multitude de Papillons parés des couleurs les plus éclatantes. Les couleurs lumineuses de beaucoup d'Anémones de mer et de Mollusques de mer servent probablement de protection, en ce sens qu'elles avertissent que ces animaux ne sont pas mangeables.

D'après notre théorie, l'existence d'aucune de ces couleurs n'offre la moindre difficulté. S'il est utile à l'animal d'être très visible, chaque déviation tend vers des couleurs plus brillantes, et il en résulte la diversité et les contrastes si attrayants que nous connaissons.

Mais lorsque nous passons aux groupes qui ne trouvent quelque

protection que parce qu'ils sont pris par erreur pour d'autres animaux à couleurs brillantes, mais non mangeables, l'explication est plus difficile, et pour beaucoup d'esprits elle l'est tellement qu'elle leur paraît insurmontable. Il sera donc bon d'essayer d'une explication de la marche par laquelle cette ressemblance est amenée.

Le cas le plus difficile, qu'on peut prendre aussi comme type de toute cette classe de phénomènes, est celui du genre *Leptalis* (groupe de papillons de l'Amérique du Sud, voisin de nos espèces communes, blanches et jaunes). Plusieurs des grandes espèces de ce genre sont encore blanches et jaunes, et toutes sont mangées par les oiseaux et les animaux insectivores. Mais il y a aussi beaucoup d'espèces de *Leptalis* qui sont brillamment colorées de rouge, de jaune et de noir, et qui ressemblent par chaque raie et par chaque tache à quelques Danaïdes et à quelques Héliconides, qui habitent la même contrée et qui ne sont pas mangeables, à cause de leur goût désagréable. On fait souvent l'objection qu'une petite ressemblance avec une des espèces de papillons protégées de cette manière serait sans utilité, et qu'un changement subit et plus grand n'est pas admissible avec la théorie du changement progressif par des variations si petites qu'elles ne sont pas saisissables. Cette objection présuppose que, lorsque les premiers essais d'imitation furent faits, les Danaïdes de l'Amérique du Sud étaient exactement ce qu'elles sont maintenant, tandis que les ancêtres des Leptalides étaient pareils aux Piérides ordinaires blanches et jaunes, dont ils sont parents. Mais les papillons Danaïdes de l'Amérique du Sud sont si nombreux et si différents entre eux, non seulement par les couleurs, mais aussi par la forme, que nous pouvons admettre comme certain qu'ils datent d'une époque très reculée et qu'ils ont subi de grands changements. Un grand nombre a maintenant encore des couleurs comparativement très simples, qui deviennent souvent très attrayantes par la fine transparence des membranes de l'aile, qui du reste ne sont nullement de nature à frapper particulièrement la vue. Beaucoup de Danaïdes n'ont que des raies ou des taches foncées ou pourpres; d'autres ont des taches d'un brun rougeâtre ou jaunâtre, ce qui paraît être la couleur la plus commune chez les papillons, tandis qu'un nombre considérable est jaune, couleur également très répandue, qui caractérise tout particulièrement les Piérides, à la famille desquelles appartiennent les *Leptalis*. Nous pouvons donc supposer qu'aux premiers degrés du développement des Danaïdes, au moment où elles commencèrent à s'approprier ces sécrétions répugnantes, qui sont aujourd'hui leur moyen de protection, leur coloration était assez simple, soit d'une nuance

sombre avec des raies et des taches plus claires, soit jaunâtre avec des bords noirs et quelquefois des raies et des taches rougeâtres. A ce moment, elles avaient probablement des ailes plus courtes et un vol plus rapide, exactement comme d'autres familles de Papillons sans défense. Mais, dès qu'elles eurent acquis un goût répugnant à des ennemis quelconques, ce fut un avantage pour elles d'être immédiatement distinguées de toutes les espèces mangeables, et comme les papillons avaient certainement alors déjà des couleurs très variées, et presque tous des ailes propres à un vol assez rapide, saccadé, le meilleur moyen de distinction pouvait être un changement dans les contours et dans les habitudes. De là vint la conservation des variétés, qui se faisaient remarquer par des ailes, un corps et des antennes plus longs et par un vol plus lent. Ces caractères distinguent maintenant la famille entière dans toutes les parties du monde. A ce degré précis du développement, il a pu arriver que quelques-unes des Piérides qui ont un vol moins vigoureux, ressemblassent par hasard, par la couleur et les contours des ailes, à quelques espèces de Danaïdes de leur entourage, et fussent prises quelquefois pour celles-ci par leurs ennemis communs, de façon à obtenir ainsi un avantage dans la lutte pour l'existence. Si nous admettons que ce premier pas fut fait, tout le reste s'ensuit immanquablement par la voie de simple variation et de survivance des mieux adaptés. Du moment où le papillon répugnant changea de forme et de couleur, au point que le papillon mangeable correspondant ne lui ressembla plus, ce dernier fut exposé à des attaques, et les seules variétés qui développèrent davantage la ressemblance furent conservées. Nous pouvons bien admettre aussi que les ennemis devinrent en même temps plus clairvoyants et plus aptes à distinguer de petites différences. Ceci conduisit à la destruction de toutes les variétés qui s'écartaient du but et conserva au contraire dans une combinaison toujours croissante cette aptitude d'imitation extérieure, qui nous surprend si fort aujourd'hui. Dans la longue période pendant laquelle ce processus s'accomplit, maint *Leptalis* a pu s'éteindre, parce que sa variété ne tendait pas vers la direction voulue, pour lui procurer une analogie protectrice avec son voisin ; et ceci est en harmonie avec le petit nombre de cas de véritable imitation, c'est-à-dire de ressemblance protectrice avec d'autres espèces vivantes, comparé à la multitude de ces ressemblances avec des végétaux ou avec des corps inorganiques, dont les formes ne sont pas si limitées et dont les couleurs sont moins sujettes aux variations. Une douzaine environ d'autres familles de Papillons et de Phalènes imitent les Danaïdes dans

les différentes parties du monde, et la même explication s'applique exactement à toutes. Elles représentent les espèces de chaque groupe qui, au moment où les Danaïdes acquirent leurs différenciations protectrices, ressemblaient accidentellement à quelques-unes d'elles extérieurement et qui purent maintenir cette ressemblance protectrice au moyen de variations parallèles, favorisées par une stricte sélection [1].

IX

Théorie des couleurs sexuelles. — Dans son célèbre ouvrage sur la descendance de l'homme et la sélection sexuelle, Darwin s'est occupé des couleurs sexuelles en rapport avec d'autres caractères sexuels. Il est arrivé à la conclusion que toutes ou presque toutes ces couleurs proviennent, chez les animaux supérieurs, y compris les insectes et tous les vertébrés, d'une sélection sexuelle libre, et qu'une différence de coloration entre les sexes est due en première ligne à l'hérédité des variétés de coloration, bornée à un seul sexe ou s'étendant aux deux. La distinction qui se produit par là dépendrait d'une loi inconnue et ne pourrait pas être attribuée à la sélection naturelle.

Je crois depuis longtemps que cette théorie de Darwin est erronée, et j'ai tâché d'établir que la première cause d'une différence sexuelle dans la coloration était le besoin de protection, qui supprimerait chez la femelle ces couleurs brillantes, produites primitivement chez les deux sexes par l'influence de lois générales. Je me suis efforcé aussi d'expliquer plusieurs cas très difficiles en me basant sur ce principe [2]. Ayant, depuis, beaucoup réfléchi sur cette question, et étant arrivé à me former des opinions qui me paraissent avoir quelque importance, il me semble bon d'expliquer brièvement la théorie que j'ai établie et de démontrer ensuite qu'elle est applicable à quelques-uns des cas exposés en détail dans l'ouvrage de Darwin.

La prééminence frappante des mâles d'oiseaux et d'insectes sous le rapport du brillant et de la vivacité des couleurs, qui se décèle même

1. Le lecteur désireux de se renseigner davantage sur cette question peut recourir à l'article de M. Bates, *Contributions to an Insect Fauna of the Amazon Valley* dans les *Transactions of Linnean Society*, XXIII, p. 495; à l'article de M. Trimen, *ibid.*, XXVI, p. 492; au travail de l'auteur sur *Mimicry*, etc.; et, s'il n'a pas de collections de papillons à sa disposition, il peut recourir aux figures des *Heliconidæ* et des *Leptalidæ* qui se trouvent dans *Hewitson's Exotic Butterflies* et dans FELDER, *Novara Reise*.

2. Comparez la théorie des nids d'oiseaux dans mes *Beiträge*.

lorsque la coloration générale est pareille chez les deux sexes, me paraît avoir pour cause l'énergie, la force corporelle et vitale plus grande chez le mâle. Les couleurs d'un animal se ternissent ordinairement pendant une maladie ou un état de faiblesse, tandis que leur éclat s'avive sous l'influence d'une santé robuste. Cet éclat atteint son plus haut degré chez le mâle à l'époque du rut, lorsque la force vitale est à son maximum. Il est aussi très prononcé dans tous les cas dans lesquels le mâle est plus petit que la femelle, comme chez les autours et chez beaucoup de papillons et de phalènes. Le même fait se présente, quoiqu'à un moindre degré, chez les mammifères. Partout où il y a une différence de couleur entre les sexes, le mâle est plus foncé ou plus nettement dessiné, et la différence d'intensité est plus marquée pendant le temps du rut. Parmi les animaux domestiques, de nombreux exemples montrent de même que les mâles ont une tendance inhérente à développer des particularités dans les appendices de la peau ou dans la coloration, et cela sans aucun rapport avec la sélection sexuelle ou toute autre sélection. « La bosse du zébu mâle de l'Inde, la queue du bélier à queue graisseuse, le front voûté des boucs de plusieurs races, la crinière, les poils longs des jambes postérieures et de la peau du ventre du mâle de la chèvre berbère, » sont cités par Darwin comme des exemples de caractéristiques particulières aux mâles, mais ne dérivant pas d'une forme appartenant aux ancêtres de ces variétés. Parmi les pigeons domestiques, les différentes races sont souvent caractérisées surtout chez les mâles ; la barbe des pigeons messagers et l'encerclement poilu des pigeons berbères sont plus grands chez les individus mâles ; le jabot des mâles des pigeons grosse gorge est beaucoup plus grand que celui des femelles, et les mâles des pigeons queue de paon ont plus de plumes à leur queue que les femelles.

Il y a aussi quelques variétés de pigeons dont les mâles sont ornés de raies ou de taches noires, tandis que les femelles ne possèdent jamais cet ornement [1], alors même qu'il n'y a pas de différence de plumage et de coloration dans la race mère de ces pigeons, et qu'on n'a pas employé de moyens artificiels pour faire apparaître cette différence.

La coloration plus intense du mâle — qui peut être désignée sous le nom de différence sexuelle normale des couleurs — a dû être développée encore par la lutte des mâles ponr la possession des femelles. Les plus forts et les plus énergiques doivent avoir communément la

1. Darwin, *Variations des animaux et des plantes.*

plus nombreuse postérité, et par suite l'intensité de la couleur — si elle dépend de la force ou concorde avec elle — a dû s'accroître peu à peu.

Comme les différences de coloration dépendent de changements chimiques ou mécaniques dans la composition ou dans la structure des organismes, et comme la force croissante agit d'une manière inégale sur les différentes parties de l'enveloppe du corps, tandis qu'en même temps il se fait souvent un développement anormal des poils, des cornes, des écailles, des plumes, etc., ceci conduirait presque fatalement aussi à une distribution différente des couleurs et par conséquent à la production de nouvelles nuances et de nouveaux dessins. Les couleurs ainsi acquises seraient héréditaires, comme Darwin l'a montré, dans les deux sexes ou bien dans un seul, selon qu'elles apparaissent pour la première fois chez les jeunes ou chez les adultes de la race nouvelle, et nous pourrions ainsi nous rendre compte de quelques-unes des différences sexuelles les plus marquées. Excepté dans la grande famille des papillons, les insectes ont à peu près la même apparence dans les deux sexes. C'est aussi le cas chez les mammifères et les reptiles ; la plus grande déviation à cette règle se trouve chez les oiseaux, quoique chez eux aussi il y ait égalité dans beaucoup de cas. Mais, dans tous les cas où le développement des couleurs aurait été désavantageux pour la femelle, il fut restreint par la sélection naturelle, et ainsi se produisirent ces cas nombreux de coloration protectrice de la femelle seule, qui ne se rencontrent que dans ces deux groupes.

Je crois que chez les animaux supérieurs la couleur est encore d'une grande utilité pour permettre aux sexes et aux petits de la même espèce de se reconnaître, et je pense que dans beaucoup de cas cette utilité détermine le genre de coloration. Lorsque les différences de taille et de forme sont très minimes, la couleur procure le seul moyen de reconnaissance dans l'éloignement et pendant le mouvement ; ce caractère distinctif doit donc être de grande valeur pour les insectes qui volent, puisqu'ils sont toujours en mouvement et qu'ils ne se rencontrent pour ainsi dire que par hasard. Cette manière de voir explique le singulier fait que, parmi les papillons d'espèces très rapprochées, les femelles sont quelquefois très différentes, tandis que les mâles se ressemblent beaucoup. C'est que, les mâles volant plus haut et plus rapidement et recherchant les femelles, il y a naturellement avantage pour eux à reconnaître leurs compagnes de loin. Cette particularité se trouve chez beaucoup d'espèces de *Papilio*, *Diadema*, *Adolias* et *Colias*.

Les oiseaux n'ont pas besoin des couleurs pour se reconnaître, puisque cela leur est rendu facile par leur organisation supérieure, par leurs sens plus perfectionnés, et par une combinaison de plusieurs propriétés de moindre importance. Ce principe peut servir peut-être à expliquer quelques irrégularités de la coloration parmi les animaux supérieurs. Ainsi Darwin, en concédant que les lièvres et les lapins ont des couleurs protectrices, observe que le lapin, en courant vers son terrier, doit attirer l'œil du chasseur et de tous les animaux carnassiers par sa queue blanche élevée dans l'air. Mais cette singularité doit servir aussi de signal et de guide aux petits, qui peuvent suivre ainsi sans hésitation les vieux vers le terrier protecteur, pour échapper au danger, et ceci peut avoir plus d'importance encore à cause de la manière de vivre nocturne de l'animal.

Si cette explication est juste, — et elle paraît tout au moins probable, — elle nous montre combien il est impossible de décider si telle ou telle couleur peut être protectrice ou non, utile ou non, avant que nous ayons une connaissance exacte des habitudes de l'animal et de toutes les circonstances de sa manière de vivre. Darwin lui-même porte de ces jugements hâtifs. Ainsi il dit : « Le zèbre a des raies très visibles, et, dans les steppes découvertes du sud de l'Afrique, des raies ne peuvent pas procurer une protection. » Mais les zèbres sont des animaux à course rapide, et, rassemblés en troupeaux, ils ne sont pas dépourvus de moyens de défense. Les raies peuvent peut-être aussi être utiles, en permettant à un individu isolé de reconnaître ses compagnons à de grandes distances ; elles peuvent même avoir un but protecteur, lorsque l'animal est couché dans l'herbe, seul moment dans lequel il ait véritablement besoin d'une coloration protectrice. Tant que les habitudes du zèbre n'auront pas été étudiées avec une attention particulière, il pourrait être un peu présomptueux de prétendre que les raies ne peuvent pas servir de protection.

La merveilleuse magnificence et l'infinie variété des couleurs par lesquelles les papillons et les oiseaux se distinguent de tous les autres animaux paraissent avoir leur principale source dans le développement excessif et dans l'infinie diversité de structure des parties du corps qui servent d'enveloppe. Aucun autre insecte n'a une aussi grande envergure, relativement à la grandeur du corps, que les papillons et les phalènes ; chez aucune espèce, la grandeur et la forme des ailes ne varient autant, et chez aucune les ailes ne sont couvertes d'une armure d'écailles aussi belles et aussi artistement disposées. D'après les règles générales de la production des couleurs que nous avons déjà développées, le grand déploiement des membranes recou-

vrantes, et le développement des parties antérieures du corps, doivent avoir donné lieu à de nombreuses variations de couleurs. Celles-ci furent tantôt restreintes, tantôt utilisées et confirmées, tantôt encore rehaussées par la sélection dirigée d'après les besoins de l'animal. Chez les oiseaux, le plumage est aussi savamment construit, très varié, et représente le plus développé des appendices de la peau. Les phases innombrables de la croissance et de la transformation de matière qui se produisent pendant le développement des plumes, et l'extension énorme des surfaces doivent avoir été extrêmement favorables à la production d'effets variés de coloration; si ceux-ci n'étaient pas nuisibles, ils étaient conservés simplement pour servir à la distinction des espèces; mais, lorsque d'autres nuances étaient nécessaires pour la protection, celles qui existaient déjà durent souvent être modifiées ou supprimées.

Je crois que si une part quelconque de ces changements peut être attribuée à la sélection sexuelle, c'est-à-dire au choix que les femelles font des mâles les plus brillamment colorés, cette part est pourtant très insignifiante. Certainement il est prouvé que, chez les oiseaux, les femelles font quelquefois un choix; mais il n'est pas prouvé que le choix soit fondé sur les couleurs. Bon nombre de témoignages importants s'opposent au contraire à cette explication. Tous les faits paraissent s'accorder pour faire admettre que le choix dépend des différentes qualités du mâle, parmi lesquelles figure la richesse des couleurs. L'opinion de quelques-uns des meilleurs naturalistes est que la force et la vivacité du mâle sont les qualités qui exercent le plus d'attraction sur la femelle, et ces qualités sont indubitablement unies dans la règle avec une coloration vive. Le déploiement des différents appendices d'ornement peut bien exercer une certaine attraction, lorsque les mâles font leur cour; mais ces appendices, avec leurs couleurs brillantes et leurs dessins bizarres, se développent probablement en vertu des lois générales de croissance et résultent de la vitalité surabondante qui, comme nous l'avons vu, est une des causes du développement des couleurs.

Il paraît prouvé que la possession de ces appendices d'ornement et de ces couleurs brillantes ne doit pas être regardée comme une qualité ayant une importance fonctionnelle pour le mâle, et qu'elle n'est pas produite par l'action de la sélection sexuelle. Parmi la multitude de faits et d'opinions que Darwin a rassemblés concernant l'éclosion des couleurs et la parure du corps des mâles d'oiseaux, il n'y a aucun indice que les femelles admirent cette éclosion ou y font seulement attention. La poule, la dinde et la paonne continuent pai-

siblement à manger, pendant que les mâles déploient leur parure, et on a des raisons de croire que c'est bien plutôt la persistance et la force, que la beauté, qui remportent la victoire.

La masse de faits que Darwin a rassemblés montre aussi qu'en toute circonstance chaque oiseau trouve à s'accoupler. Il cite même plusieurs cas dans lesquels un des individus d'un couple avait été tué, et l'autre avait été retrouvé accouplé aussitôt après. Ceci peut s'expliquer suffisamment par la supposition que l'extermination des oiseaux fait constamment des veufs et des veuves en nombre à peu près égal, et qu'ainsi ils trouvent immédiatement à se compléter. Il en découle que les oiseaux qui restent solitaires sont excessivement rares, de sorte qu'en général chaque oiseau s'accouple et a de la postérité. Mais ceci empêcherait en partie ou entièrement toute influence de la sélection sexuelle d'après la couleur ou la parure, puisque les oiseaux peu brillants auraient autant de chance de laisser une postérité saine que les autres.

Si, au contraire, les couleurs les plus brillantes accompagnent la santé et la force, et si les oiseaux sains et forts sont ceux qui prennent le mieux soin de leurs petits et laissent une postérité qui, étant saine et forte à son tour, peut le mieux prendre soin d'elle-même, dans ce cas, la sélection naturelle avantage le développement des couleurs.

Une autre considération très importante est que les papillons mâles égalent ou surpassent même les oiseaux mâles les plus magnifiques pour l'éclat de leurs couleurs et l'élégance de leurs dessins, et cependant chez eux il n'existe pas la moindre preuve que les femelles sont influencées par les couleurs des mâles, ni qu'elles possèdent même une liberté quelconque de choisir; il existe beaucoup d'indications qui prouveraient le contraire. La faiblesse des preuves en faveur d'une sélection sexuelle chez les insectes est si manifeste, que Darwin est forcé d'appeler à son aide la supposition remarquablement faible aussi que, « si les femelles ne préféraient pas un mâle à l'autre, l'accouplement resterait une œuvre de pur hasard, ce qui ne paraît pas probable. Immédiatement avant il dit cependant : « Les mâles se livrent quelquefois des combats par rivalité, et on peut voir que plusieurs poursuivent la même femelle et s'imposent à elle. » Chez les sphynx, « les femelles ne paraissent avoir aucune liberté de choix. » Tous ces faits tendent simplement à prouver que les mâles se combattent pour la possession de la femelle, qui reste presque passive, et que celui-là l'obtient qui est le plus fort, le plus énergique, le plus persévérant ou qui a les ailes les plus fortes. Qu'est-ce donc qui reste livré au hasard? La sélection naturelle exercerait son action

et conserverait, comme chez les oiseaux, les mâles les plus forts et les plus vigoureux, et, comme ceux-ci sont généralement les plus magnifiquement colorés, le résultat serait le même qu'il pourrait être dans l'hypothèse de la sélection sexuelle, quant à l'influence sur la vivacité et la variété des couleurs.

Nous allons voir maintenant comment ces principes s'appliquent à quelques cas que Darwin cite à l'appui de la théorie de la sélection sexuelle.

Darwin donne beaucoup de détails sur les différentes sortes de coloration des papillons et des phalènes, qui prouvent que l'animal déploie plus ou moins ses ailes, de façon à exposer les parties colorées, et qu'il est certain que cela est fait en vue d'un observateur. Darwin dit ensuite : « A cause des faits multiples qui ont été cités, il est impossible d'admettre que les couleurs brillantes des papillons et de quelques phalènes ont été acquises, d'une façon générale, dans le but de servir de protection. Nous avons vu que leurs couleurs et leurs dessins élégants sont arrangés et exposés comme pour appeler l'attention. Ceci me fait croire que les femelles préfèrent les mâles les mieux parés ou qu'elles sont plus excitées par eux, car, autant que nous pouvons en juger, dans toute autre supposition, la parure des mâles n'aurait pas de but. »

Je ne crois pas qu'on ait jamais prétendu que les couleurs brillantes des papillons aient été « en général acquises dans le but de servir de protection » ; mais Darwin lui-même a mentionné des cas dans lesquels les couleurs brillantes sont disposées de manière à pouvoir servir de protection, comme par exemple les taches en forme d'yeux qui existent sur les ailes postérieures des phalènes, sur lesquelles fondent les oiseaux, et qui sauvent ainsi les parties les plus importantes du corps. Il est en effet assez remarquable que généralement les points noirs, les yeux et les taches de couleurs brillantes sont disposés aux extrémités et sur les bords des ailes. Comme les insectes sont pendant le vol nécessairement exposés à la vue, par conséquent aux attaques des oiseaux insectivores, la disposition des taches qui peuvent être vues à une certaine distance est probablement un véritable moyen de protection pour eux. Dans un autre cas, Darwin concède que la couleur blanche du mâle de la teigne-spectre (*Gespenst-Motte*) peut contribuer à le mieux faire discerner par la femelle lorsqu'il vole dans l'obscurité; si nous ajoutons qu'il peut aussi être mieux distingué par d'autres espèces, nous avons pour ces insectes la raison d'une parure différente qui explique suffisamment la plupart des faits, et nous n'avons pas besoin de croire que les femelles choisissent

de préférence les mâles les plus brillants, ce dont nous n'avons aucune preuve.

Les faits cités montrent que les papillons et d'autres insectes distinguent les couleurs et qu'ils sont attirés par celles qui sont analogues aux leurs; ces faits concordent donc parfaitement avec la manière de voir d'après laquelle la couleur, qui tend toujours à apparaître d'elle-même, est utilisée pour faciliter la reconnaissance et la distinction, à moins qu'elle ne soit supprimée ou changée dans un but de protection.

Le fait que les femelles de quelques espèces de *Thecla Callidryas*, *Colias* et *Hipparchia* sont dessinées d'une manière plus voyante que leurs mâles peut avoir plusieurs causes : elles y gagnent peut-être d'être plus facilement distinguées d'autres espèces, et protégées contre les oiseaux, comme c'est le cas pour le *Triphæna ;* quelquefois, comme par exemple chez les *Hipparchia*, la moindre vivacité de couleur chez la femelle peut être cause d'une plus grande netteté du dessin. Darwin croit que dans ces cas les mâles ont choisi les plus jolies femelles; et cependant un fait capital à l'appui de sa théorie de la sélection sexuelle est que, dans tout le règne animal, les mâles sont ordinairement si ardents qu'ils acceptent n'importe quelle femelle, tandis que les femelles sont craintives et ne choisissent que les plus jolis mâles, ce qui, d'après lui, explique pourquoi en général les mâles ont des couleurs plus magnifiques que les femelles.

Les cas les plus singuliers de coloration différente chez les deux sexes sont probablement ceux où la femelle a des couleurs beaucoup plus brillantes que le mâle. Ceci se présente de la manière la plus marquée chez quelques espèces de *Pieris* de l'Amérique du Sud et de *Diadema* des îles de la Malaisie ; or, dans les deux cas les femelles ressemblent aux Danaïdes et aux Héliconides non mangeables, et elles acquièrent ainsi un moyen de protection. Dans le cas des *Pieris Pyrrha*, *P. malenka* et *P. lorena*, les mâles sont simplement noirs et blancs, tandis que les femelles ont des raies et des taches orange, jaunes et noires qui les font exactement ressembler aux espèces des Héliconides. Darwin concède que les femelles ont acquis ces couleurs pour leur protection ; mais, comme on ne voit pas de raison pour laquelle cette coloration se bornerait aux femelles, il croit qu'elle a été supprimée chez le mâle, parce qu'elle n'exerçait pas d'attraction sur la femelle ou lui inspirait plutôt de la répulsion. Cette opinion me paraît être en contradiction avec la théorie entière de la sélection sexuelle. Car cette théorie veut justement qu'une éclosion minime de couleurs chez le mâle

exerce déjà de l'attraction sur la femelle; que les mâles qui se distinguent dans ce sens soient toujours choisis et que les couleurs brillantes des mâles résultent de ce choix. Dans le cas des *Pieris*. la femelle aurait eu au contraire une aversion constante pour toute trace de coloration, quoique nous devions supposer que celle-ci se produisît constamment en même temps que les variations consécutives qui amenèrent un changement si curieux chez la femelle. Mais si nous remarquons que les femelles de cette espèce se tiennent surtout dans les forêts où vivent des Héliconides en multitude, tandis que les mâles voltigent beaucoup dans la rase campagne et se mêlent à beaucoup d'autres papillons blancs et jaunes qui fréquentent les bords des rivières, ne serait-il pas possible d'admettre que l'apparition de raies et de taches orangées fût aussi nuisible aux mâles qu'utile aux femelles, parce que les premiers deviendraient ainsi des points de mire, parmi leurs compagnons blancs, pour les oiseaux insectivores? Ceci me paraît plus probable que la supposition d'une sélection par la femelle, qui se déciderait quelquefois en faveur et d'autres fois contre toute nouvelle éclosion de couleur chez le mâle.

Le travail si complet et si intéressant de Darwin sur les couleurs et les habitudes des oiseaux mâles et femelles prouve que beaucoup, sinon tous les mâles, déploient leur parure de plumes devant les femelles et devant leurs rivaux; mais il nous paraît que toute preuve manque quant au point essentiel de savoir si le choix de la femelle est influencé ou non par de petites différences dans les couleurs ou dans les dessins.

Les faits cités prouvent que les femelles préfèrent un mâle à un autre, mais, en même temps, qu'elles sont indifférentes aux couleurs, à moins qu'une couleur analogue à celles qu'elles portent ne les attire. Les couleurs bigarrées n'ont certainement pas d'attraction pour la serine qui choisit un verdier, qu'elle préfère à un pinson ou à un bouvreuil. Il y a quelques preuves que les femelles peuvent choisir leurs mâles et qu'elles le font en effet quelquefois; mais on n'a fourni aucune preuve que ce choix ait lieu d'après les couleurs, et trois grands éleveurs ont fait savoir à Darwin qu'ils ne croient pas « que les femelles préfèrent certains mâles à cause de la beauté de leur plumage ». Darwin dit lui-même à un autre endroit : « Comme règle générale, la couleur paraît exercer peu d'influence sur l'accouplement des pigeons. » Le cas souvent cité des paonnes de sir R. Héron, qui préférèrent un vieux paon tacheté aux autres à couleurs normales, est très mal choisi, car dans l'état

de nature les oiseaux tachetés sont certainement peu favorisés ; si en effet ils l'étaient, les variétés des oiseaux vivant en liberté deviendraient aussi nombreuses et aussi bigarrées que nos variétés domestiques. Si un goût si bizarre n'était pas une rare exception, la production de couleurs et de dessins par la sélection à l'aide de femelles ou d'une manière quelconque serait impossible.

Nous arrivons maintenant au merveilleux étalage de plumes et de couleurs que les paons et les faisans Argus géants exposent à nos yeux. Je dois dire ici que c'est justement ce dernier oiseau, dont Darwin parle longuement, qui a ébranlé ma croyance dans la sélection sexuelle, ou plutôt féminine. Il expose clairement la longue série de gradations progressives par lesquelles ont dû passer les belles taches en forme d'yeux de la seconde rangée des plumes des ailes de cet oiseau, taches qui représentent, par leurs nuances exquises, des prunelles d'yeux dans leurs cavités, c'est-à-dire un dessin purement artistique dont ces oiseaux ne peuvent avoir aucune idée. Il me paraît absolument incroyable que ce résultat ait été atteint, parce que des milliers et des dizaines de milliers de femelles d'oiseaux préférèrent sans exception les mâles ornés de dessins déviant dans cette direction, et parce que cette uniformité de choix se maintint à travers des milliers et des dizaines de milliers de générations. Si nous considérons de plus que les mâles qui ne se rapprochèrent pas du dessin définitif trouvèrent aussi, selon toute probabilité, des femelles et laissèrent aussi une postérité, il paraît tout à fait impossible d'admettre que le résultat actuel ait été atteint par ces moyens-là.

Sans avoir la prétention de résoudre complètement un problème aussi difficile, je dois pourtant faire remarquer une circonstance qui paraît offrir la clé de la solution. Les dessins les plus fortement colorés et les plus détaillés se trouvent sur les parties du plumage qui ont subi les plus grandes modifications ou les développements les plus considérables. Chez le paon, la queue a pris un développement énorme, et les yeux se trouvent à l'extrémité des longues plumes. Chez les oiseaux de paradis, les plumes de la poitrine, du cou, de la tête et de la queue sont très développées et richement colorées. Les plumes des coqs et celles de la poitrine écailleuse des colibris sont des développements du même genre. Chez l'Argus géant, les plumes de la seconde rangée de l'aile sont si énormément allongées et élargies, qu'elles empêchent presque le vol. Il est facile de comprendre que, dans le cours de ce développement, il a pu se produire une répartition inégale de la couleur dans les différentes

parties d'une même plume, et que des taches et des raies vinrent à former des endroits ombrés et des yeux de la manière dont Darwin le décrit, à peu près comme les taches et les cercles d'une bulle de savon s'agrandissent à mesure que la bulle s'étend. Ceci est d'autant plus probable que, chez les oiseaux apprivoisés, les variétés de coloration ont une tendance à devenir symétriques, indépendamment de la sélection sexuelle.

Si nous acceptons le témoignage du correspondant le plus digne de confiance de Darwin, d'après lequel le choix de la femelle, pour autant qu'il y a choix, s'adresse au mâle « le plus fort, le plus impétueux et le plus batailleur, » et si nous tenons pour certain que celui-là a en même temps le plumage le plus riche et le plus brillamment coloré, nous avons une cause réelle au lieu d'une cause hypothétique. Car ces mâles, les plus sains, les plus vigoureux et les plus beaux, auront le choix entre les plus belles et les plus saines femelles, laisseront les familles les plus nombreuse et les plus saines, et seront le mieux en état de protéger et d'élever ces familles. La sélection naturelle et ce qu'on pourrait appeler la sélection masculine tendra à leur assurer l'avantage dans la lutte pour l'existence ; ils transmettront les plus belles couleurs, que chaque génération suivante développera encore.

Il nous reste cependant encore à expliquer ce que Darwin considère comme son argument le plus fort, c'est-à-dire la parure particulière de plumes et de couleurs du mâle. Cela est indubitablement un fait remarquable et intéressant, qui peut cependant être expliqué par des principes généraux, entièrement indépendants d'un choix quelconque de la part de la femelle. Pendant le temps des amours, le mâle est dans un état de grande excitation et plein d'une énergie exubérante. Même les oiseaux qui n'ont aucune parure déploient leurs ailes, se trémoussent, relèvent leurs huppes et leurs queues, et expriment ainsi l'excitation nerveuse à laquelle ils sont en proie. Il n'est pas improbable que les huppes et les autres plumes qui peuvent être hérissées peuvent servir en premier lieu à effrayer des ennemis, puisqu'elles sont généralement relevées lorsque l'oiseau est en colère ou qu'il se bat. Les individus les plus ardents dans la lutte, les plus agressifs et qui hérissaient ces plumes le plus souvent et le plus vigoureusement, tendirent à les agrandir par l'usage qu'ils en faisaient et à les transmettre ainsi plus développées à quelques-uns de leurs descendants. Si dans la marche de ce développement il se produit de la coloration, nous avons tout lieu de croire qu'elle sera plus brillante chez les individus les plus ardents et les plus énergi-

ques, et, comme ceux-ci auront toujours l'avantage dans la lutte pour les femelles (et il se peut que la supériorité du plumage et de la couleur contribue à leur donner cet avantage), rien ne paraît s'opposer au développement progressif de cette parure chez toutes les races dominantes, c'est-à-dire partout où se rencontre une telle exubérance de force vitale et une si parfaite adaptation au milieu ambiant, que le désavantage ou le danger produits par ce développement restent comparativement insignifiants et ne fassent pas disparaître la supériorité de la race au-dessus de leurs plus proches parents. Si les plumes que l'oiseau pouvait originairement hérisser et déployer se sont ensuite développées et colorées davantage, on s'explique fort bien qu'il fasse l'exposition de sa parure sous l'influence de l'excitation sexuelle. Les mâles auront observé dans leur lutte de rivalité quelles couleurs avaient le plus d'effet, et chacun aura tâché, pour autant que des efforts volontaires y peuvent quelque chose, de surpasser son ennemi, exactement comme ils cherchent à se surpasser dans le chant et continuent quelquefois cette lutte jusqu'à en mourir.

On peut encore faire une objection générale aux vues de Darwin à cet égard. Il se fonde sur l'existence et sur la puissance de la sélection naturelle en opposition avec la sélection sexuelle, et, quant à lui, il paraît avoir résolu entièrement la question. La sélection naturelle ou la survivance des plus forts, agit continuellement et dans une mesure extraordinaire. Si nous admettons que chaque couple d'oiseau n'ait annuellement que six petits, il en restera à peine un tiers, tandis que les deux tiers, les moins forts, périront. Mais à des intervalles de peu d'années, aussi souvent que se produisent des conditions vitales défavorables, les cinq sixièmes, les neuf dixièmes ou même une proportion encore plus grande de l'accroissement annuel sont détruits, et il ne reste que les plus parfaits et les mieux adaptés. Si ces survivants ne sont pas, en général, en même temps, les plus richement parés, cette sélection naturelle inexorable doit neutraliser et troubler l'influence qu'une sélection de la part des femelles pourrait exercer. La plus grande action qu'on puisse attribuer à cette sélection se borne à ce qu'une petite fraction des mâles, les moins parés, ne trouvent pas de femelles, tandis qu'un couple des mieux parés peuvent laisser plus que le nombre moyen de jeunes. Ce n'est que lorsqu'il existe la connexion la plus sévère entre la parure et la perfection générale que la première peut être un avantage persistant; mais si cette connexion existe, comme je le prétends, la sélection sexuelle, se réglant sur la parure, devient inutile, parce qu'alors la sélection naturelle, qui est une *vera causa*, peut produire tous les

effets observés. Pour les papillons, cet argument devient encore plus fort, leur fécondité étant beaucoup plus grande et la destruction des non-résistants se faisant en grande partie à l'état d'œufs et de larves. Si les œufs et les larves qui échappent à la destruction ne sont pas en même temps ceux qui devaient produire les papillons les plus fortement colorés, il est difficile de comprendre comment une prééminence insignifiante de la couleur, que les femelles préfèreraient quelquefois, ne serait pas absolument effacée par la sélection excessivement rigoureuse se basant sur d'autres propriétés, à laquelle la postérité est exposée à chaque étape de son existence. La seule manière dont nous puissions expliquer les faits connus consiste dans la supposition qu'il existe le rapport le plus intime entre la couleur et la parure, et la santé, la force et la capacité générale de survivance. Nous avons montré qu'il y a des raisons pour admettre cette supposition ; mais, si elle est vraie, la sélection sexuelle devient superflue dans la même mesure qu'elle serait inactive.

Il y a encore parmi les oiseaux quelques autres cas très rares de coloration sexuelle : ceux où la femelle est plus brillante et plus nettement dessinée que le mâle, comme par exemple chez le Turnix batailleur, les bécasses colorées (*Rhynchœa*), chez deux espèces de Phalaropidés et chez le Casoar commum (*Casuarius galeatus*). On sait que chez tous ces oiseaux les mâles couvent les œufs, et que les femelles sont presque toujours plus grandes et plus batailleuses qu'eux. Dans ma théorie sur les nids des oiseaux, j'attribuais cette différence de couleur au besoin plus grand de protection qu'ont les mâles pendant qu'ils couvent. Darwin objecte que cette différence n'est pas suffisante et pas toujours assez caractérisée pour servir à ce but ; il croit au contraire qu'elle doit être attribuée à une sélection sexuelle dans laquelle la femelle jouerait le rôle habituel du mâle et serait choisie à cause de ses couleurs plus vives. Nous avons déjà vu les raisons pour lesquelles nous devons rejeter en tout cas cette dernière théorie, et j'avoue aussi que ma théorie du besoin de protection ne peut guère être appliquée ici. Mais la théorie que je présente aujourd'hui d'après laquelle la vivacité des couleurs dépendrait de l'énergie vitale générale est très applicable, et le fait que la prééminence de la femelle sous ce rapport est très exceptionnelle et par conséquent probablement récente explique pourquoi la différence dans les couleurs produite ainsi est encore très minime.

X

Théorie de la coloration d'après les espèces et les genres. — Les autres espèces de colorations animales, qui ne peuvent être rangées ni parmi les couleurs protectrices ou avertissantes, ni parmi les couleurs sexuelles, s'expliquent en grande partie facilement par les principes généraux du développement des couleurs que nous avons exposés. Une indication précieuse est que dans les cas où la couleur sert d'avertissement, comme les chenilles non mangeables, nous n'avons pas seulement une ou deux couleurs criardes, mais toutes les couleurs possibles, arrangées en dessins élégants, presque aussi variés et aussi beaux que ceux des oiseaux et des insectes. Ici, il n'est question ni de sélection sexuelle, ni du besoin d'être reconnaissables pour d'autres individus de la même espèce. Nous ne pouvons donc attribuer cette diversité qu'à l'éclosion normale des couleurs dans les êtres vivants, lorsque ceux-ci sont exposés aux influences de la lumière, de l'air et d'un développement rapide. Chez des animaux plus complets, chez lesquels le besoin d'être reconnus se fait sentir, nous trouvons la plus grande vivacité de couleurs chez les papillons de l'Amérique du Sud : les Héliconides et les Danaïdes ; de même chez les Nymphales et les Erycinides, qui sont en partie protégés d'une autre manière. Chez les oiseaux aussi, nous trouvons, partout où les habitudes ne rendent pas nécessaire une protection spéciale des femelles, comme par exemple dans les profondeurs des forêts tropicales, où elles sont naturellement abritées contre les attaques des oiseaux rapaces, une vivacité de couleurs presque égale, par exemple chez les couroucous, les capitomidés et les eurylaimidés.

Chez les colibris, nous trouvons un exemple très marquant de la manière dont fonctionnent les principes généraux du développement des couleurs. Ce sont les oiseaux les plus petits et en même temps les plus actifs et les plus énergiques; lorsqu'ils planent dans l'air, leurs ailes sont invisibles, à cause de la rapidité de leurs mouvements, et, lorsqu'ils éprouvent une frayeur, ils disparaissent avec la rapidité d'une étincelle. Des êtres si agiles ne deviendraient pas facilement la proie d'un oiseau rapace, et, s'il y en avait un qui réussît à attraper un colibri, cette petite bouchée ne vaudrait pas la peine de leur faire la chasse. Nous pouvons donc être certains qu'à tout prendre ils vivent en sûreté. L'incroyable diversité de leur structure, de leur plumage et de leurs couleurs indique que la race remonte à une haute antiquité, et la multiplicité des individus indique que c'est un groupe

dominant, bien adapté à toutes les exigences de son existence. Nous trouvons donc ici tout ce qui est nécessaire au développement de la couleur et du plumage. L'énergie vitale exubérante qu'ils montrent dans leurs combats et ce besoin débordant d'activité se sont fait jour dans un développement continuel des plumes et une vivacité croissante des couleurs, réglés seulement par le besoin d'identification de l'espèce, nécessaire surtout chez de si petites et de si mobiles créatures. Cela peut avoir donné lieu à des différences marquées de coloration dans des espèces très voisines, dont l'une a une huppe pareille à la topaze, tandis que celle d'une autre rappelle le saphir. J'incline à croire que les couleurs plus vives et le plumage plus développé des mâles peuvent être attribués simplement à leur plus grande énergie vitale et à ces principes généraux qui produisent une supériorité pareille chez les races domestiques ; mais, dans quelques cas, le besoin de protection qu'a la femelle pendant qu'elle couve, auquel j'attribuais jadis le phénomène entier, peut avoir supprimé une partie de la parure qu'elle aurait acquise sans cela.

On reconnaît une autre cause réelle, quoique encore non expliquée, de la diversité des couleurs, dans l'influence de la localité. On a observé que des espèces de groupes tout différents ont une même couleur dans une contrée, tandis que les espèces correspondantes subissent toutes la même variation de couleur dans une autre contrée. M. Bates, Darwin et moi-même nous avons cité de pareils cas, et j'en ai rassemblé les exemples les plus intéressants dans ma notice pour la Section biologique de la British Association à Glasgow en 1876. La cause la plus probable de ces changements parallèles paraît être la présence de matières particulières ou de combinaisons chimiques dans le sol, dans l'eau, dans l'atmosphère, ou encore de combinaisons organiques particulières dans les plantes, et cette question ouvre un vaste champ à des études chimiques. Mais, de quelque manière que nous arrivions à l'expliquer, le fait reste, que les mêmes couleurs, distribuées dans des dessins analogues, apparaissent dans des groupes tout différents, qui, autant que nous le savons, n'ont de commun que d'habiter la même contrée.

XI

Pour plus de clarté, nous allons résumer les conclusions auxquelles nous sommes arrivés relativement aux différents modes d'apparition ou de changement des couleurs chez les animaux :

Les différentes causes de la production de la couleur dans le règne animal sont les transformations mécaniques ou chimiques de la matière des enveloppes du corps, ou bien l'influence de la lumière, de la chaleur ou de l'humidité sur ces enveloppes.

La couleur est encore produite par l'interférence de la lumière, si des membranes transparentes sont superposées ou s'il existe des rayures superficielles d'une finesse extraordinaire. Ces conditions, dans lesquelles les couleurs apparaissent, se rencontrent partout dans la structure de l'enveloppe du corps des animaux, de sorte que la présence des couleurs doit être considérée comme normale et leur absence comme une exception.

Par la sélection naturelle, les couleurs sont soit maintenues, soit changées chez les animaux pour des buts différents ; il existe des couleurs ternes ou imitatives pour se dérober à la vue, des couleurs criardes pour avertir, des dessins particuliers soit pour être reconnus par les individus de leurs espèces, les jeunes ou les femelles, soit pour détourner l'attaque d'une partie vitale du corps : tels sont les dessins brillants des grandes ailes de quelques papillons et phalènes.

Les couleurs sont produites et leur éclat augmente par des processus de développement, soit que l'enveloppe du corps ou les appendices subissent une grande extension ou une transformation, soit qu'il y ait une surabondance d'énergie vitale, ce qui est généralement le cas chez les animaux mâles et tout particulièrement à l'époque du rut.

Il y a encore d'autres causes qui influent plus ou moins sur les couleurs, par exemple l'espèce de nourriture, l'action photographique de la lumière, et aussi une influence locale encore inconnue, qui dépend probablement des particularités chimiques du sol et de la végétation.

Ces différentes causes ont agi et réagi de différentes manières, et ont été transformées par des conditions d'âge et de races, et dans la concurrence avec de nouvelles formes vitales ainsi que dans des variations géographiques et climatériques. Nous ne pouvons pas nous attendre à trouver l'explication de chaque cas isolé et la solution de chaque difficulté dans une question si compliquée et encore si peu étudiée ; mais on peut admettre que tous les traits principaux et beaucoup de détails de la coloration des animaux peuvent trouver une explication dans les principes que nous avons exposés.

Il peut paraître présomptueux de vouloir remplacer une des théories sur lesquelles Darwin insiste le plus — la sélection sexuelle libre ou réglée par l'observation visuelle, d'après la beauté du mâle — par cet abrégé d'une interprétation des phénomènes de coloration

chez les animaux; mais j'ose croire que cette interprétation s'accorde mieux avec la totalité des faits et même avec la théorie de la sélection naturelle, et je prie ceux de mes lecteurs qui s'intéressent à la question, de relire encore une fois les chapitres XI à XVI de *La descendance de l'homme*, par Darwin, et de considérer le problème du point de vue exposé dans ces pages.

Je crois que l'explication que la coloration et la parure des oiseaux et des insectes auraient été presque entièrement produites par suite de l'observation visuelle et du choix par les femelles a rebuté maint évolutionniste et n'a été acceptée provisoirement que parce que c'était la seule théorie qui essayât d'expliquer les faits. D'autres que moi éprouveront peut-être un soulagement en voyant que les phénomènes peuvent fort bien être expliqués par les lois générales du développement et par « la sélection naturelle » ; j'espère aussi que cette dernière théorie sera délivrée par là d'une excroissance anormale et gagnera en force par l'adoption de mes interprétations.

Quoique nous soyons arrivés à la conclusion que la lumière et la chaleur tropicales ne peuvent en aucun cas être considérées comme les causes de la coloration, il reste néanmoins ce fait incontestable que les animaux des tropiques sont parés de toutes les couleurs les plus vives et les plus brillantes, et que dans quelques groupes (les papillons, les oiseaux) il y a une prédominance marquée d'espèces à couleurs multiples. Ceci tient probablement à des causes diverses, dont nous pouvons indiquer quelques-unes, tandis que d'autres restent encore à découvrir. La végétation luxuriante des tropiques offre toute l'année tant de réduits cachés, que la couleur peut se développer là, sans danger, dans une plus grande proportion que sous les climats où les arbres sont dénudés en hiver et où, justement dans cette saison, la plus dure, la lutte est telle que la moindre différence peut devenir mortelle.

La stabilité des conditions favorables sous les tropiques, permettant à certains groupes de rester dominants pendant de longues périodes, a probablement aussi son importance, parce que le développement de la couleur et du plumage, une fois acquis, peut être transmis ainsi dans une lignée ininterrompue. Des changements dans les conditions climatériques et surtout l'époque glaciaire ont amené probablement dans les zones tempérées la destruction d'une multitude d'insectes et d'oiseaux de formes et de couleurs exquises, de même qu'ils ont amené la destruction de mammifères plus grands et plus forts, qui habitaient les zones tempérées des deux hémisphères. Cette supposition s'appuie sur le fait que tous les développements excessifs de couleur et de pa-

rure ne se trouvent que dans les groupes qui vivent maintenant exclusivement sous les tropiques.

Les causes locales de coloration ont dû avoir aussi leur plus grande influence dans les contrées où les conditions climatériques sont stables et ne nécessitent pas de migrations annuelles et où l'action directe de la lumière et de la chaleur se fait sentir avec plus de force.

Enfin, toutes ces causes agissent sur une bien plus grande étendue que dans les zones tempérées, le climat chaud s'étendant bien au delà des tropiques.

L'influence combinée de toutes ces causes diverses suffit parfaitement à nous faire comprendre la supériorité des régions tropicales non seulement quant au nombre et à la variété des organismes, mais aussi en ce qui concerne la parure et les couleurs brillantes de ces formes.

Alfred Russel Wallace.

LES COMMENCEMENTS DE L'ART

Par M. le Dr Johannes Ranke
Professeur à l'Université de Munich.

Les objets dont nous allons parler paraissent à première vue insignifiants ; mais ils ont une grande importance pour l'histoire de la civilisation de l'humanité.

Je fais observer que je ne parle pas comme artiste, mais comme anthropologiste; cependant l'archéologie et l'anthropologie se donnent ici la main. Quoique l'anthropologie moderne s'occupe principalement de l'étude des particularités corporelles de l'homme, elle n'exclut pas du cercle de ses recherches les principes du développement intellectuel de l'humanité et les premiers indices de la vie sociale, et surtout elle ne néglige pas l'étude des objets se rapportant à la nourriture, à l'habitation, aux outils, aux armes, à la parure. C'est par là que l'anthropologie se relie directement à l'histoire de la civilisation et de l'antiquité. Mais au lieu de s'occuper surtout, comme celle-ci, des plus hautes productions de l'esprit humain, l'anthropologie recherche les premières manifestations de la civilisation et de l'art, telles que nous les observons encore de nos jours chez les peuples et les races voisins de l'état de nature, et telles que nous pouvons les découvrir dans les débris qui sont venus jusqu'à nous de la civilisation des plus anciens habitants de notre continent. Je me propose de traiter surtout de cette catégorie d'objets.

Partout en Europe, on les trouve en assez grande quantité. Ce sont les restes d'anciennes colonisations, d'anciennes voies de communication, des ouvrages de défense et des lieux voués à un culte religieux. Dans nos contrées, on trouve aussi des milliers de sépultures, dans lesquelles ont été déposés les urnes et les ustensiles d'usage journalier, ainsi que les armes et la parure, à côté des cadavres des hommes et des femmes. En réunissant toutes les trouvailles éparses qu'on a déjà faites, on arrive déjà à se faire une idée de ce que fut la civilisation dans les temps préhistoriques.

Jadis, les sépultures païennes étaient considérées comme les réceptacles les plus importants pour les recherches anthropo-archéologiques; mais récemment on a découvert des dépôts renfermant des objets plus variés et en beaucoup plus grand nombre. Ce sont les restes d'anciennes demeures qui étaient ensevelies sous la vase et les détritus accumulés depuis des milliers d'années, et qui réapparais-

sent au jour, comme les habitations recouvertes par les cendres du Vésuve, ayant conservé tout l'attrait de la vie journalière.

L'action préservatrice des cendres volcaniques sèches qui a conservé leur fraîcheur aux trésors artistiques d'Herculanum et de Pompéi est remplacée, pour les trouvailles dont nous nous occupons, par une vase ayant quelque analogie avec la tourbe et par de la tourbe véritable, accumulées dans des lacs et des marais. Dans les cavernes des montagnes calcaires, les restes des anciennes habitations sont souvent recouverts d'une couche de stalagmite ou de tuf qui les préserve contre l'action destructive de l'atmosphère. Tandis que les traces des anciennes demeures en plein air ont presque complètement disparu, les matériaux étant le bois et l'argile, nous les trouvons encore dans un état surprenant de conservation dans ces endroits abrités.

Je ne puis donner ici le récit détaillé de toutes les trouvailles qui ont donné une impulsion nouvelle aux recherches. On se rappelle combien l'intérêt du public fut éveillé par la première découverte des ruines de ces demeures préhistoriques si remarquables, de ces constructions en pilotis élevées dans les lacs et sur leurs bords, qui ont fourni aux musées de la Suisse des trésors pour l'histoire de la civilisation. Les découvertes faites dans les cavernes ayant servi d'habitation sont encore plus importantes, parce qu'elles remontent à une bien plus haute antiquité que les demeures lacustres.

Dans les constructions en pilotis, même dans celles dont les habitants n'avaient des armes et des outils qu'en pierre, en os et en corne, nous trouvons des preuves certaines d'une antique agriculture, notamment des grains d'orge, et des pierres à moudre à la main, pour obtenir une farine grossière, et même des restes carbonisés du pain qu'on en faisait, ressemblant à celui que font aujourd'hui encore les paysans de la Westphalie. A cette époque, la culture du lin était fort répandue, ce que nous prouvent les graines trouvées en quantité, les pesons et les fuseaux, les contrepoids des métiers, ainsi que des fils tordus, des lacets, des filets et des tissus de différentes espèces ; en un mot, les restes des palafittes, les différents outils et les débris d'ustensiles en terre cuite, les os d'animaux domestiques tués en grand nombre pour la consommation indiquent un degré de civilisation bien supérieur à celui des hommes des cavernes. Dans ces dernières demeures, qui sont plus anciennes, nous ne trouvons que les restes d'un peuple vivant de la chasse et de la pêche, ne connaissant pas l'agriculture, n'ayant pas d'animaux

domestiques et chez lequel l'art de la poterie était en tout cas fort peu répandu. D'après le témoignage de quelques explorateurs de ces cavernes, on ne trouverait aucun débri de poterie parmi les restes les plus remarquables de ces anciennes habitations. Quand même ceci serait confirmé par l'inspection minutieuse de nouvelles fouilles, nous avons cependant le témoignage opposé de géologues et d'anthropologistes dignes de foi, parmi lesquels je ne nommerai qu'O. Fraas, qui ont trouvé des tessons de terre cuite parmi les débris conservés dans les cavernes. Dans la caverne de brigands située près de Ratisbonne, fouillée par O. Fraas et M. Zittel, dans les cavernes de la Franconie que j'ai pu explorer avec soin, on a trouvé des tessons remontant sans aucun doute à la plus haute antiquité. Cependant ces trouvailles, qui prouvent que l'art de la poterie était connu à cette époque reculée, appartiennent aux premiers tâtonnements de la céramique.

Ce n'est pas seulement parce que les débris trouvés dans les cavernes indiquent une civilisation moins avancée, que les anthropologistes leur assignent la priorité sur les palafittes; la science s'appuie ici sur des preuves parfaitement positives.

Parmi les nombreux ossements trouvés dans les dépôts formés par les habitations sur pilotis, nous ne trouvons que les restes d'animaux qui vivent encore maintenant dans ces contrées ou qui y ont vécu dans l'époque historique. Il n'en est pas de même pour les débris d'ossements renfermés dans les cavernes habitées jadis par des hommes. A côté des ossements de chevreuils, de cerfs, de sangliers, etc., nous en trouvons d'animaux qui ne pourraient plus vivre dans ces régions, vu l'état actuel du climat. Le plus connu parmi ces animaux est le renne, qui a non seulement vécu en troupeaux en Allemagne et en Suisse, comme le prouvent de nombreux restes, mais aussi dans le midi de la France, et qui était le but principal de la chasse des habitants des cavernes. Ceux-ci utilisaient de préférence ses os et surtout ses bois pour en faire des instruments, des armes et des ustensiles. Aux temps des habitations lacustres, nous voyons les os et les bois du cerf remplacer ceux du renne. Les anciens chasseurs de rennes vivaient donc dans un temps où le climat ressemblait beaucoup plus à celui des régions arctiques et différait encore essentiellement de celui qui nous est connu pour nos contrées par les plus anciennes traditions historiques.

Quoique nous n'ayons aucun moyen de déterminer le nombre de siècles écoulés depuis que les cavernes servaient d'habitation aux hommes, il est cependant certain que les débris d'une civilisation

primitive, déterrés de leur sol, remontent à une haute antiquité et nous font connaître les premiers essais de nos ancêtres en fait d'art et d'industrie.

La manière de vivre de ces chasseurs de rennes doit avoir été bien primitive, s'il est vrai qu'ils n'avaient pas même toujours les premiers ustensiles nécessaires pour faire cuire leurs mets. Mais ici nous rencontrons un des problèmes les plus curieux dans l'histoire de la civilisation.

Dans les dépôts les plus anciens des cavernes, nous trouvons, à côté des armes et des ustensiles, faits surtout d'éclats de silex, de nombreux débris d'os et de corne travaillés, provenant généralement du renne, comme je l'ai déjà dit. Dans ces matières résistantes, on avait taillé des manches de couteau et de poignard, des poinçons et des aiguilles, des racloirs, des flèches et des pointes de harpons qui ressemblent beaucoup aux armes et aux ustensiles dont les Esquimaux se servaient avant qu'ils eussent des relations avec les nations civilisées, et même encore maintenant. Mais, parmi les morceaux de bois de renne travaillés, on a trouvé dans les cavernes de véritables objets d'art, qui ont fort occupé l'attention des anthropologistes dans ces derniers temps. Ce sont des dessins gravés sur les bois, parfois pleins de vie, représentant le plus souvent des animaux, mais quelquefois aussi des figures humaines.

Ces reproductions témoignent d'un certain développement du sens artistique, d'un sentiment du beau assez élevé pour ne chercher dans cette imitation que la jouissance qu'elle procure. A l'origine de la civilisation européenne, nous rencontrons des productions qui sont supérieures sous certains rapports, tout au moins pour l'exactitude de l'imitation, aux objets qui sont venus jusqu'à nous d'une période ultérieure beaucoup plus avancée, tels que les armes magnifiques en bronze, les armements en bronze et en or, etc., dont l'ornementation consiste presque exclusivement en un arrangement géométrique de lignes.

Les premières trouvailles de ce genre furent faites dans le département de la Dordogne par les anthropologistes bien connus Christy et Lartet. Dans les montagnes calcaires de cette contrée pittoresque, les torrents se sont creusés, dans les prairies fertiles, des lits profonds à bords escarpés dans lesquels se trouvent beaucoup de grandes et de petites cavernes, de grottes et de niches. Tous ces abris naturels ont été à une époque fort reculée habités par des hommes. Jusqu'à nos jours, l'usage s'est conservé d'utiliser des creux de rochers, produits par la nature ou par le travail des hommes. On voit

sur les rives des rangées de fenêtres et de portes, donnant accès dans des cavités de différentes grandeurs, quelquefois disposées en étages superposés. Ces habitations creusées dans les rochers servaient jadis de refuge contre les périls de la guerre, et sont maintenant employées surtout comme magasins de provisions. Récemment, le professeur Merk a fait des découvertes analogues dans une caverne appelée Kesslerloch, située près de Thayingen, entre Constance et Schaffhouse, sur le territoire de la Suisse. Le Kesslerloch n'est qu'une grotte peu profonde, soutenue par des piliers naturels, ressemblant aux petites cavernes qui, dans la Dordogne, ont donné le plus riche butin. Ici encore, nous trouvons, dans le voisinage, de nombreuses habitations artificielles, creusées dans les parois de grès descendant perpendiculairement jusqu'au lac près d'Ueberlingen ; le peuple leur a donné le nom de « trous de païens ».

Voici une énumération des principaux objets qui témoignent du développement artistique précoce des populations primitives de l'Europe.

Nous possédons des dessins de poissons, gravés sur un morceau cylindrique de bois de renne, trouvé dans les cavernes de la Dordogne. Sur la palme d'un bois de renne sont gravées profondément la tête et la poitrine d'un animal ressemblant au bouquetin. Sur un autre morceau, nous voyons un groupe de rennes. Le dessin qui me paraît le plus intéressant, parce qu'il a quelque ressemblance avec ceux trouvés par Schliemann à Mycène, est celui d'un groupe composé de deux têtes de chevaux et d'une figure d'homme nu, à côté d'un arbre recourbé ; d'après la direction des branches, indiquées par des traits, il est certain qu'on a voulu représenter un sapin. C'est à cause de l'exiguïté de l'espace que l'arbre est représenté dans cette position singulière. Des raies horizontales et perpendiculaires, se rattachant à l'arbre, semblent devoir représenter une espèce de claie.

Outre ces dessins et quelques autres dont l'authenticité est moins assurée , on a trouvé un véritable objet d'art plastique, sculpté dans un bois de renne. C'est un manche de poignard représentant un cervidé. Avec beaucoup de goût et une adresse surprenante, l'artiste a su donner à l'animal une position s'accommodant du peu d'espace. Par un mouvement plein d'art et de vie, l'animal incline ses bois sur le cou ; les jambes de devant sont repliées sous la poitrine, et celles de derrière s'étendent sur la lame en os. Quoique l'exécution soit assez grossière , cette œuvre remarquable pourrait encore servir de modèle à un artiste moderne.

Les trouvailles faites dans le Kesslerloch ne sont pas moins inté-

ressantes. Parmi les gravures sur bois de renne, trouvées près de Thayingen, la plus célèbre est le renne qui broute ; aucun des dessins trouvés dans le département de la Dordogne n'égale celui-ci pour le naturel et la sûreté du trait. Ceci est d'autant plus étonnant, que la matière sur laquelle le dessin est gravé est très dure, et que l'instrument dont on s'est servi, probablement une pierre à feu pointue, paraît grossier et peu approprié. M. Gundaker, comte de Wurmbrand, a prouvé qu'il est cependant possible d'exécuter de pareilles gravures sur des os durs avec un instrument en pierre ; dans un temps relativement court, il a pu reproduire, devant nos yeux, ce renne qui broute, sur des os frais, au moyen d'un éclat de silex trouvé dans le Kesslerloch. Sur deux autres bois de renne qui paraissent avoir été, comme les premiers, des manches de grands outils, on voit des dessins de chevaux ; la tête tendue en avant de l'un d'eux indique une observation exacte de la nature.

Sur le manche en bois de renne d'un poignard, nous trouvons un autre dessin plus grossier représentant la tête d'un cheval ou d'un renne. Je veux aussi encore mentionner le contour grossier d'un cerf qui saute.

Dans le Kesslerloch on a trouvé deux objets sculptés sur un bois de renne. L'un est un débris de manche devenu célèbre sous le nom de la tête du bœuf musqué *(Bos moschatus)*. On a donné ce nom à l'objet en question, parce que les cornes de cet animal sont recourbées sur le front, comme dans cette sculpture. Il paraît bien constaté que le bœuf musqué vivait jadis dans la vallée du Rhin, quoiqu'on ne le trouve maintenant, comme le renne, que dans les contrées arctiques. Les cornes de cet animal se dirigent d'abord en avant ; mais les pointes se retournent en arrière, formant une espèce de boucle. L'artiste préhistorique qui s'est appliqué à reproduire la nature jusqu'à vouloir représenter les poils n'aurait certainement pas omis cette dernière courbe si caractéristique, s'il avait réellement voulu représenter un bœuf musqué. Il me semble que l'abaissement des cornes s'explique suffisamment par l'adaptation nécessaire à la forme du morceau de bois de renne, et par l'intention de sculpter un manche commode, auquel il fallait éviter de donner des pointes saillantes, exposées à être bientôt cassées. Je ne peux voir dans cette œuvre primitive qu'une reproduction libre d'une tête de bœuf, moins réussie, mais conçue d'après le même principe que la figure du cerf, avec les bois inclinés en arrière, du département de la Dordogne.

Une autre petite sculpture, qui probablement a orné aussi jadis le manche d'un couteau, représente deux figures remarquables. D'un

côté, nous reconnaissons une petite tête de cheval, assez allongée et d'une bonne exécution; de l'autre côté apparaît une petite tête de lièvre avec de longues oreilles repliées sur les côtés, pour les préserver, comme les cornes du bœuf.

Voilà les témoignages les plus importants de l'art antique des habitants primitifs de l'Europe. Nous ne pouvons pas nier qu'ils prouvent un sentiment relativement développé de l'observation de la nature; nous devons les accepter comme de vraies œuvres d'art, quoique d'une exécution primitive.

On a d'abord cru pouvoir se débarrasser des difficultés que soulevaient ces trouvailles en niant leur authenticité. Il est malheureusement vrai qu'après ces importantes découvertes des imitations ont été fabriquées et vendues, et je pense que M. L. Lindenschmit a rendu un véritable service à la science, en prouvant la fausseté de deux objets de cette espèce. Après avoir moi-même étudié consciencieusement les œuvres d'art que j'ai décrites, mon opinion bien arrêtée est que celles-là au moins ne sont pas des falsifications, mais des produits originaux dont nous aurons à tenir compte, si nous voulons nous former une idée de la civilisation antique de l'Europe. Je ne vois aucune difficulté insurmontable à accepter l'authenticité de ces dessins et de ces sculptures.

Malgré ce qui a été dit par plusieurs savants, dans le premier moment de surprise, au sujet de ces découvertes étonnantes, les figures sont en général très naïves et peu ou point supérieures aux imitations d'objets naturels telles qu'en font ou en ont fait tous les peuples sauvages de la terre. Nous voyons, chez les barbares comme chez nos enfants, que l'idée d'imiter les objets naturels vient avant l'idée d'une ornementation par des dessins géométriques ou de fantaisie, ou que tout au moins les deux idées se développent simultanément.

Parmi les nombreuses preuves que l'ethnographie nous fournit, que des peuples barbares peuvent avoir un sentiment relativement assez développé de l'art, sans connaître les métaux, je choisis comme exemple l'art des Esquimaux. Les Esquimaux vivent sous un climat froid, principalement de la pêche et de la chasse au renne, dans des conditions d'existence analogues à celles des anciens chasseurs de rennes, et ils s'entendent comme ceux-ci à exécuter des dessins sur des os et du bois flotté, ainsi que des sculptures sur des os et des cornes. Sir John Lubbock a publié une quantité de gravures faites par des Esquimaux sur des os, qui représentent des scènes de la chasse et de la pêche, de la vie d'intérieur, des jeux d'enfants, etc. M. le professeur Ecker montra au Congrès d'anthropologie de Cons-

tance des dessins d'Esquimaux gravés sur des planchettes de bois flotté, qui représentaient à peu près les mêmes sujets. Les figures de poissons et d'ours blancs sont surtout caractéristiques. Dans les dessins publiés par Lubbock, les rennes sont mieux réussis ; il y en a un qui rappelle d'une manière frappante, par la position du corps et des jambes, celui de la caverne de Thayingen.

Les Esquimaux représentent, comme les hommes primitifs de l'Europe, les animaux auxquels ils font la chasse ; ce sont pour eux surtout les phoques et les ours blancs. Quelquefois ils représentent aussi des figures humaines. Il m'a paru très caractéristique, pour la direction primitive du goût, qu'il se trouve, parmi les objets sculptés par les Esquimaux, des figurines doubles, comme les têtes de cheval et de lièvre de Thayingen, un ours et un phoque, deux bustes humains réunis, etc.

Si nous ne pouvons supposer que, chez nos ancêtres, le goût de l'art fut le produit d'un raffinement général de la vie, nous ne le pouvons pas davantage en ce qui concerne les Esquimaux. Kane, qui eut souvent l'occasion d'observer ce peuple, donne l'inventaire suivant de ce que contient une hutte d'Esquimaux. Une jatte en peau de phoque, pour recueillir et conserver l'eau, l'omoplate d'un morse servant de lampe, une pierre plate pour la soutenir, une autre pierre mince et plus grande sur laquelle on fait fondre la neige, une pointe de lance avec une longue lanière de peau de morse, un porte-manteau et les vêtements de ces pauvres gens : voilà tous les biens terrestres de cette famille. Mais, malgré ce dénuement, ils ne sont en général pas dépourvus d'un certain goût pour embellir leur vie. Leurs jeux montrent qu'ils apprécient la force et l'adresse ; leurs chants d'ensemble ou leurs solos, leur musique de tambours et leurs danses prouvent qu'ils ont une vivacité de sensations que les glaces du Nord n'ont pu éteindre. La description que Parry nous donne d'une soirée passée dans une hutte d'Esquimaux nous prouve que l'absence de ce qui nous paraît le plus indispensable au confort de la vie n'exclut pas jusqu'à un certain point la jouissance de vivre et le contentement qui sont les premières conditions nécessaires de tout développement du sentiment artistique.

Il dit : « Nous eûmes quelquefois l'occasion de mettre à l'épreuve l'hospitalité des Esquimaux, et nous eûmes tout lieu d'en être satisfaits. Ils mettaient à notre disposition leurs meilleurs mets et leurs meilleurs logements, et ils avaient pour nous les attentions que l'hospitalité et la bonne éducation prescrivent. Nous n'oublierons pas aisément l'obligeance que les femmes nous témoignèrent pour

raccommoder et sécher nos vêtements, pour préparer nos mets et pour faire fondre la neige destinée à nous servir de boisson, et elles ont acquis toute notre admiration et notre estime. Comme leur hôte, je passai une soirée véritablement agréable. Pendant que les femmes travaillaient et chantaient, que les hommes raccommodaient silencieusement leurs instruments de pêche, que les enfants jouaient devant la porte, et qu'une bonne odeur sortait d'une marmite suspendue au-dessus de la flamme vive d'une lampe, on oubliait pendant quelque temps que cette scène d'intérieur d'une vie paisible et heureuse se passait dans une hutte d'Esquimaux. »

Il se peut que la même simplicité, unie au même sentiment très développé pour les petites jouissances de la vie, ait existé dans les misérables habitations des cavernes de nos ancêtres, et que sur cette première base le sentiment du beau et le talent de l'imitation s'y soient également développés.

De nombreuses trouvailles montrent que l'amour de la parure, la préférence pour les couleurs vives existaient à cette époque reculée. On a trouvé des dents brillantes d'animaux, percées de trous pour être portées en colliers comme des perles ; puis de la sanguine servant probablement à teindre la peau, et de beaux cristaux de différentes couleurs, surtout du spath-fluor, également percés pour servir de parure. Les habitants des cavernes ont dû avoir quelque habilité à se confectionner des vêtements ; cela nous est prouvé par les nombreuses aiguilles d'os, absolument pareilles à celles dont les Esquimaux se servent pour faire leurs vêtements.

Ce qui étonne surtout dans les œuvres d'art des cavernes de la Suisse et du midi de la France, c'est qu'elles sont enfouies avec les restes provenant d'un peuple qui vivait très misérablement de la chasse. Au premier abord, on croirait que l'art, tel qu'il est représenté dans les cavernes, est sorti tout formé du cerveau humain, sans tâtonnements et sans exercices préparatoires, ainsi que Pallas sortit tout armée du cerveau de son divin père. Ne pourrions-nous cependant pas trouver quelques traces d'essais antérieurs, qui nous montreraient pour ainsi dire les étapes du développement artistique des habitants des cavernes ?

Je crois que cela est fort possible, et, d'après moi, les arts textile et céramique ont fourni les premiers modèles d'ornementation artistique. Notons d'abord que les sculptures représentant des objets naturels et les gravures ne sont nullement les seuls preuves d'un goût artistique relativement développé chez nos troglodytes. Dans le midi de la France comme dans la caverne située près de Thayingen, on a trouvé

des armes et des instruments de pierre, d'os et de corne, qui indiquent non seulement par leur forme, mais encore par des détails d'ornementation, que leurs auteurs avaient des tendances artistiques primitives.

J'ai surtout étudié minutieusement les objets trouvés dans Kesslerloch et dans la caverne du Frendenthal, qui en est voisine et dans laquelle on n'a pas trouvé d'imitations d'animaux, et il ressort de cette observation que les procédés techniques de l'art primitif se sont successivement améliorés par l'exercice.

Dans la caverne située près de Thayingen et dans celle du Frendenthal, on a trouvé, fait fort curieux et qui prouve leur contemporanéité, deux instruments identiques, avec la même ornementation, ressemblant à nos couteaux à papier. Ces morceaux de bois de renne sont taillés et raclés avec un couteau assez grossier ; on reconnaît encore distinctement les légères entailles fortuites que les inégalités de la lame ont faites sur la surface unie. On a creusé dans le bois de renne, dans l'axe longitudinal de l'instrument, trois raies profondes et parallèles, deux aux bords et une au milieu, ce qui forme deux surfaces parallèles, ayant quelques lignes de largeur ; comme on a ensuite gravé des raies parallèles en diagonale entre ces tracés en creux, cela produit une ornementation en relief formant de petits carreaux et rappelant un treillis simple qui n'est pas dépourvu de goût. Sur une pointe de javelot en bois de renne et sur quelques autres objets ayant probablement servi de manches, on voit des lignes parallèles, obliques ou perpendiculaires sur leur axe longitudinal, qui rappellent des motifs d'ornementation empruntés à l'art textile. Un grattoir en bois de renne porte, dans un creux qui fait gouttière, un ornement en forme de nœud, et la pointe d'un poinçon en bois de renne est absolument sculptée comme une corde. Un grand harpon, également en bois de renne, prouve jusqu'à l'évidence qu'on a choisi avec intention des motifs d'ornementation empruntés à l'art textile. Pour donner une apparence de solidité aux crochets assez fragiles du harpon, ils paraissent être liés à la hampe par un véritable ruban ; en réalité, ils sont taillés dans le même morceau.

Les principes fondamentaux de l'ornementation nous apparaissent surtout clairement, en étudiant les plus anciens débris de l'art céramique de l'époque du renne. Nous venons de reconnaître avec une absolue certitude que les habitants des cavernes avaient ajouté à leurs instruments en bois de renne des ornements imitant des tissus, uniquement pour satisfaire leur goût du beau. Ceci concorde absolument avec les ingénieuses explications de Semper sur l'histoire et l'origine

de l'ornementation. On sait que Semper explique de la même manière beaucoup d'ornements employés dans la céramique, sur les métaux et dans l'architecture. Mais l'art textile n'a pas simplement fourni l'idée de l'ornement céramique, comme Semper paraît l'admettre lorsqu'il dit que les artistes transportaient le plus souvent les compositions de lignes des tissus ou des filaments qui leur paraissaient élégantes sur des objets de matières diverses, pour leur donner ainsi une apparence artistique. Il y a une connexion absolument directe entre l'art textile et la céramique. Ceci est prouvé d'une manière particulièrement évidente par les grossiers tessons et les débris que les anciens explorateurs laissaient de côté comme sans valeur.

Les vases et les ustensiles que nous trouvons, dans les plus anciennes couches, dans les cavernes, avec des restes d'une civilisation primitive, sont en partie très grossiers, lourds et faits indubitablement sans la roue du potier. Ensuite nous trouvons des vases bien supérieurs tant pour la forme que pour la manipulation de l'argile, et se rapprochant quelque peu des formes gréco-romaines. Nous en rencontrons souvent sur lesquels l'ornementation a été ciselée dans la masse plastique avec un instrument pointu, ou bien fouillée ou empreinte avec un instrument d'une autre forme.

Occupons-nous d'abord des ornements des plus anciens objets de poterie, produits par l'arrangement de lignes droites. Nous voyons des lignes parallèles, plus ou moins rapprochées, perpendiculaires ou horizontales, sur la convexité du vase. Ensuite nous rencontrons ces deux systèmes combinés, tantôt de manière que les lignes descendant perpendiculairement soient coupées à angles droits par des lignes horizontales, également parallèles, mais assez espacées. Si ceci nous représente déjà le type le plus simple d'un treillis, il devient plus distinct et plus original lorsque les deux systèmes de lignes se croisent en diagonale. Cette ornementation antique, constamment répétée, paraît entourer le vase fragile d'une enveloppe fictive, empruntée à l'art textile, et lui donne une plus grande apparence de solidité, comme l'ornement rubanné sur le harpon en bois de renne de la caverne de Thayingen paraît attacher les crochets à la hampe. Mais dans les deux cas ce rapport de l'ornement avec l'objet principal ne provient certainement pas uniquement du sentiment du beau.

Parmi les débris de poterie antique et grossière provenant des cavernes de la haute Franconie, et faits d'une argile pétrie assez régulièrement avec de petits morceaux de quartz, j'en ai trouvé un grand nombre ayant une ornementation linéaire particulière, rappelant les dessins mentionnés qui sont comme burinés artistiquement sur des

tessons d'une fabrication supérieure. Ce sont pour la plupart des sillons peu profonds et peu larges, descendant perpendiculairement, ou entourant horizontalement le vase, ou encore se croisant à angle droit ou en diagonale. Ces ustensiles ont tous été fabriqués sans l'emploi du tour du potier; l'épaisseur des parois est assez considérable, mais irrégulière. Ils sont noircis à l'intérieur par la fumée; extérieurement, ils ont au contraire la couleur rouge de la terre cuite. Les stries et les enfoncements plus ou moins larges de la surface de ces ustensiles sont indubitablement des empreintes d'herbes ou de joncs. Ils rendent l'impression d'un tissu serré de ces végétaux, et quelquefois d'une manière si complète et si nette qu'on peut encore compter sur certains tessons les nervures et les côtes de ces plantes herbacées. Le dessin de ces empreintes est en outre si régulier qu'on peut à peine les distinguer des ornements linéaires de la poterie plus fine, faite à l'aide du tour.

Ces empreintes servent donc à nous faire connaître avec certitude le mode ancien de fabrication de ces ustensiles. Il me semble qu'un moule tressé d'herbes ou de joncs était recouvert d'argile à l'intérieur, et que la surface intérieure du vase était ensuite rendue lisse. On faisait sécher l'ustensile dans cette enveloppe, et il conservait, après avoir été légèrement cuit dans un feu à ciel ouvert, non seulement la forme générale du modèle tressé, mais encore sur la face extérieure, rouge parce qu'elle avait été préservée de la fumée, l'empreinte de cette légère enveloppe, réduite alors en cendres. Cette empreinte est plus fine quand le treillis était fait d'herbes, plus grossière si l'on avait employé des joncs ou des roseaux, ou encore de minces lattes de bois, ce qui me paraît avoir été le cas pour quelques grands ustensiles que j'ai étudiés.

Ce mode de fabrication pour les objets de poterie grossière est très généralement employé.

En dehors des cavernes de la haute Franconie, j'ai encore trouvé ces mêmes empreintes d'un treillis sur de nombreux restes de poteries que M. Clessin a déterrés dans la caverne de Breitenwien, dans le haut Palatinat de la Bavière. Ces mêmes ornements tressés se retrouvent avec une merveilleuse netteté sur des tessons d'une colonisation préhistorique de l'âge de pierre le plus moderne, près de Maggarad, en Hongrie. Je dois ces tessons, mêlés à beaucoup de restes d'armes de pierre polie et d'instruments en bois de cerf, à l'obligeance de M. A. Harmann, secrétaire de la bibliothèque royale de Munich.

Il est très probable qu'on s'est encore servi d'autres moules com-

bustibles fournis par la nature. Quelques débris de grands ustensiles, ressemblant au reste absolument à ceux qui ont été cuits dans des formes tressées, — ils sont également rouges au dehors et noircis en dedans par la fumée du feu, — présentent à leur surface des rugosités très irrégulières, entre lesquelles on peut distinguer par-ci par-là des empreintes isolées de joncs ou d'herbes. Le moule de matière organique qui a servi à la fabrication de cet ustensile doit donc avoir été rugueux et inégal en dedans, et ne peut guère avoir été qu'une forme tressée.

Ce même mode de fabrication de la poterie, et par conséquent la même origine de l'ornementation la plus ancienne, la plus primitive, présentant partout des caractères frappants de ressemblance, ont été employés dans les autres parties du monde aussi bien qu'en Europe.

Ce que sir John Lubbock dit dans son célèbre ouvrage *Les temps préhistoriques*, sur la poterie primitive des peuples sauvages contemporains, s'accorde en partie avec nos observations ; ailleurs, il indique encore d'autres moyens par lesquels on a été amené à l'invention de l'art du potier. Le capitaine Cook vit dans l'Unalaschka, où l'art du potier n'était pas connu, des ustensiles consistant en une pierre plate et des parois d'argile, et ressemblant un peu à une forme pour faire lever la pâtisserie. Lubbock ajoute : « Ceci nous donne probablement une indication des premiers essais de poterie. Après avoir formé d'abord les parois seules du vase en argile, on eut bientôt l'idée que le fond pourrait être fait de la même matière, qui remplacerait avantageusement la pierre. » Nous verrons plus tard que le col et le bord de nos ustensiles furent aussi façonnés séparément. Mais les procédés suivants se rapprochent encore plus de ceux de l'antiquité :

« Les gens qui habitent près du Muray font cuire leurs aliments dans un creux de la terre qu'ils revêtent d'argile ; ils recouvrent aussi d'argile des coques de calebasses et des vases en bois, pour qu'ils puissent mieux supporter la chaleur. Nous voyons là, conclut Lubbock, trois procédés qui ont pu conduire à la découverte de l'art du potier.

D'après M. C. Rau, les ustensiles en terre cuite des Indiens de l'Amérique du Nord sont fabriqués absolument de la même manière.

« Une des méthodes employées par les Indiens pour la fabrication de grands ustensiles en terre cuite consistait à tresser des corbeilles de jonc ou d'osier de la grandeur et de la forme qu'ils voulaient donner aux ustensiles, et à les recouvrir à l'intérieur d'une couche d'argile d'une épaisseur convenable. Les corbeilles étaient consumées par le feu et laissaient sur l'extérieur des vases des empreintes du

treillis faisant l'effet d'ornements ajoutés intentionnellement. Les potiers de la baie de Cahokia connaissaient aussi ce procédé, car quelques-uns des débris de leurs ustensiles en terre cuite présentent ces mêmes empreintes. L'argile des vases fabriqués de cette manière est mélangée de sable ou de pierres quartzeuses pulvérisées ; elle est bien cuite, d'apparence jaunâtre ou rougeâtre intérieurement, ce qui ne peut être attribué qu'à l'action du feu, puisque la couverte ne peut pas être employée dans ce mode de fabrication.

Les peuples primitifs de l'Asie et de l'Afrique paraissent aussi s'être servis de cette méthode céramique. Semper reproduit, dans son ouvrage souvent cité, des ustensiles servant aux sacrifices des anciens peuples civilisés de l'Asie et de l'Egypte, représentant non seulement les formes, mais aussi l'ornementation extérieure bien exécutée d'une corbeille ; et nous savons combien partout les plus anciens usages sont surtout conservés dans ce qui touche au culte religieux.

Les ustensiles des nègres de l'Afrique centrale et ceux des anciens mangeurs de coquillages du Japon ont des ornements artistement faits en forme de treillis, tels que ceux que nous trouvons sur nos antiques débris les mieux exécutés, comme souvenir de la méthode céramique primitive.

Chez les peuples de races les plus diverses, dispersés à des distances énormes sur toute la surface de la terre, il existe donc un rapport primitif entre les ornements tressés et l'ornementation de la céramique, un ustensile fabriqué d'après la méthode primitive devant porter ces ornements comme empreinte des plus anciens procédés techniques. L'humanité, aimant à conserver ce qu'elle a jugé beau, conserva ces enjolivements, d'abord involontaires, sur la face extérieure des ustensiles, longtemps après qu'un autre mode de fabrication était déjà employé.

Il est bien connu que la roue du potier a également donné lieu à une série d'ornements particuliers, dérivant également du procédé mécanique. On aurait cependant tort de croire que les lignes horizontales régulières, qui font partie de l'ornementation moderne de la poterie, sont dues uniquement à l'emploi de la roue du potier. Ainsi que je l'ai dit, la bande horizontale située entre des lignes perpendiculaires provient, dans la céramique, de l'emploi du treillis, et j'ai des exemples, sur des ustensiles plats, que la direction du treillis est, sinon exclusivement, du moins principalement horizontale. Il y a encore quelques autres procédés employés avant la roue du potier qui produisent des raies horizontales. Du temps de la forme tressée,

on avait encore une autre manière d'évider les ustensiles, en faisant tourner une pierre ronde dans le ventre du vase, qui s'agrandissait ainsi, avec ou sans l'emploi simultané d'une forme extérieure solide. Un autre procédé, qui se rapproche encore plus de l'invention de la roue, consistait à former le ventre de vases aplatis au moyen d'une série de disques de différentes grandeurs. Ce procédé donnait naissance à des lignes horizontales légèrement saillantes, qui peuvent ressembler beaucoup à celles produites par la roue du potier.

Ce qui intéresse le plus les anthropologistes en ceci, c'est le principe intellectuel de l'ornementation. L'ancienne ornementation propre de la céramique conserve l'empreinte des anciens procédés de fabrication avec des lignes plus nobles.

Dans les temps anciens dont nous nous occupons ici, l'ornementation avait donc déjà sa source dans le principe que Semper met si bien en lumière, de faire de nécessité vertu.

Je ne peux pas entrer dans tous les détails des questions qui se présentent à nous ; permettez-moi seulement d'observer encore que le bourrelet situé entre le col et le ventre du vase, représentant le plus souvent une tresse, qui se trouve presque sans exception sur les plus anciens vases ventrus à cols étroits, est un résultat du procédé primitif de fabrication. Ordinairement, la forme tressée ne servait qu'à faire le corps du vase. Après qu'elle était enduite intérieurement d'argile et celle-ci bien égalisée, le col plus étroit et s'élevant d'habitude perpendiculairement était fait à la main. Pour donner de la solidité à la jointure, il fallait y ajouter un renflement, auquel on donnait l'apparence d'un anneau tressé, afin qu'il fût en harmonie avec le corps du vase. Le bourrelet annulaire situé entre le fond plat et la paroi montante du vase s'explique d'une manière analogue, par des raisons techniques primitives, c'est-à-dire par la pression qu'exerçait le corps du vase contre la base, lorsque l'ustensile était fabriqué sans l'aide d'une forme solide.

Ce principe de faire de nécessité vertu conduit encore, dans l'ancienne céramique, à une autre méthode d'ornementation.

Des irrégularités et des défauts de fabrication se répétant régulièrement, ou rythmiquement, deviennent des ornements.

L'ancien potier se comporta, en inventant ce genre d'ornementation, comme un enfant qui, après avoir mangé un coin d'un gâteau carré et après avoir gâté ainsi la forme à ses yeux, mange aussi les autres coins, afin de satisfaire son goût pour la symétrie et son sens du beau. Une empreinte faite inintentionnellement par un doigt dans l'argile encore ductile d'un vase apparaît comme un défaut ; mais, lorsque de

pareilles empreintes en forme d'écuelles ou de petites gouttières se répètent à des distances régulières et forment un cercle autour du vase, nous obtenons un ornement plein de goût. Les anciennes poteries offrent une variété infinie de cette ornementation produite par l'empreinte de doigts. Beaucoup de ces empreintes ont simplement la forme de petites écuelles ; d'autres ont un enjolivement de plus, parce qu'on a appuyé le doigt de manière à laisser aussi l'empreinte du bord de l'ongle. Sur d'autres vases, l'argile a été repoussée de bas en haut avec la largeur de l'ongle, ce qui forme un creux allongé, couronné d'un petit bourrelet en argile, ayant la forme d'un toit arrondi.

Il est facile de se figurer qu'une fois ce principe d'ornementation trouvé et accepté, on se servit d'autres objets plus ou moins appropriés pour faire ces empreintes, au lieu de s'en tenir aux doigts et aux ongles.

Le plus souvent, les habitants des cavernes ornaient leur poterie en faisant des empreintes avec des baguettes de bois ou en enlevant une partie de l'argile. Ce fut un progrès lorsqu'on se servit de petits tubes de roseaux ou d'os longs de grands oiseaux ; on creusa ainsi dans l'argile de petits cercles qui forment un ornement plein de goût. Parmi les tessons trouvés dans les palafittes, par exemple du lac de Starnberg, nous trouvons déjà de véritables coins dont on se servait pour faire ces ornements. Ce sont des têtes d'épingles en bronze, qui servaient alors généralement de parure pour la chevelure. Sous la tête ornée de lignes, beaucoup de ces aiguilles sont entourées d'une spirale évidée. Ces spirales sont souvent imprimées sur les ustensiles. Le plus souvent, ces empreintes de spirales, posées obliquement, forment un cercle autour du vase au niveau de sa plus grande largeur. Cet ornement rappelle l'ornement en tresses qu'on affectionnait.

Ce n'est pas seulement par la répétition constante des motifs d'ornementation préférés et classiques que nous voyons combien le goût artistique de l'humanité est conservateur. Si vous passez devant le magasin d'un potier et si vous observez les formes les plus modernes d'ornementation des ustensiles d'un usage journalier, vous voyez qu'elles rappellent exactement les ornements les plus anciens. Ce sont des treillis, dont le dessin naïf entoure le vase; ce sont des figures spiralées appliquées toujours dans le même sens, des empreintes de doigts, faites en partie, pour les articles grossiers, encore d'après la méthode primitive de nos hommes des cavernes; d'autres fois, le doigt a été remplacé par un petit tube ou par d'autres coins.

L'ornementation de notre poterie commune moderne, peinte ou en relief, est, hormis quelques tendances vers l'ornementation classique, encore identique avec les plus anciens dessins connus, lesquels, comme nous l'avons vu, dérivaient en grande partie de l'emploi de moules tressés.

Les empreintes laissées par les treillis paraissent aussi avoir contribué à faire naître l'idée d'autres ornements obtenus également par des empreintes, telles que celles des spirales des aiguilles de bronze, qui se sont perpétuées jusqu'à nos jours avec des modèles un peu plus grands.

J'ai hâte de conclure. Dans les temps les plus reculés de la civilisation européenne, il existait des rapports très étroits entre l'architecture et l'art textile et la céramique. Les claies tressées de branches entre des pieux étaient enduites de limon, ou bien à l'intérieur seulement, de manière que le treillis restât visible à l'extérieur des parois, ou bien des deux côtés. Le procédé technique est donc le même en principe pour la construction d'une maison et la fabrication d'un vase, et nous ne pouvons nous étonner qu'il y ait en principe une similitude dans le mode d'ornementation dans ces deux arts, si disparates par la suite. Nous avons trouvé des restes d'anciennes habitations, des murailles d'argile durcies par le feu et devenues presque indestructibles comme les tessons de poterie. On y reconnaît de même les empreintes du treillis, plus grossier naturellement, qui leur a servi jadis de soutien.

Le résultat de nos recherches est que nous ne pouvons plus nous figurer les anciens habitants des cavernes du midi et de l'ouest de l'Europe comme des barbares se distinguant à peine des singes. Le degré étonnant de développement artistique auquel ils étaient arrivés n'est nullement inexplicable ; il a été amené par des essais et des progrès dans les arts textile et céramique, ces deux sources de toute ornementation.

Nous nous souvenons de la patrie, si nous entendons raconter à l'étranger les légendes et les histoires que nous avons écoutées, étant enfants, pendant les soirées d'hiver. L'identité de vieilles légendes nous prouve que des peuples parmi lesquels il y a maintenant de grandes différences ont une descendance commune.

En serait-il autrement pour les antiques souvenirs de la culture des arts ? Ne devons-nous pas présumer qu'il existe un lien de parenté intellectuelle et peut-être même physique entre nous et les anciens habitants des cavernes et les chasseurs de rennes, dont la civilisation primitive a laissé des restes que nous déterrons main-

tenant sous la poussière de milliers d'années, et des modèles d'ornementation que nous conservons sans savoir les interpréter ?

Ne soyez pas effrayés de l'idée d'une véritable parenté avec les anciens habitants des cavernes. Si nous pouvons conclure quelque chose pour les facultés intellectuelles de l'homme d'après le volume du cerveau, nous n'avons jusqu'à présent aucune raison pour attribuer sous ce rapport un rang inférieur à la race qui a habité les cavernes de la haute Franconie.

Lorsqu'à la fin du siècle dernier Esper, Frischmann, Goldfuss et d'autres firent les premières grandes fouilles dans les énormes cavernes de la haute Franconie, si riches en fossiles, qui ont donné l'impulsion aux recherches scientifiques effectuées depuis cette époque dans les diverses cavernes de l'Europe, on trouva un crâne bien conservé à côté d'autres ossements humains parmi les restes d'animaux fossiles. Nous avons longtemps cru que ce crâne était perdu. M. Boyd Dawkins vient de nous apprendre qu'il a été vendu à l'étranger, comme tant d'autres objets dont la perte est irréparable pour la science. Le crâne se trouve dans le musée d'Oxford, où l'apporta Buckland, qui visita les cavernes de la Franconie en 1816, et qui, encouragé par les résultats obtenus, devint le pionnier des explorations des cavernes en Angleterre. Boyd Dawkins donne une description de ce crâne (1), si important pour l'étude des temps préhistoriques en Bavière. C'est un véritable brachycéphale, forme de crâne que j'ai trouvée très nettement prononcée parmi la population actuelle de ces contrées et des régions voisines, dans l'ancienne Bavière (par exemple, à Michelfeld, près d'Auerbach). Sa circonférence est de 547 millimètres. D'après les nombreux mesurages (plus de 1,000) que j'ai faits sur des crânes brachycéphales de formes analogues, la circonférence moyenne des crânes de notre population rurale actuelle en Bavière n'est que de 515 millimètres. Le crâne de notre caverne dépasse donc considérablement cette moyenne. D'après mes mesurages, une circonférence de 547 millimètres concorde avec une capacité cervicale, c'est-à-dire avec un volume de cervelle, de 1,720 centimètres cubes; nous avons donc ici un crâne répondant à un développement cervical très élevé. Pour la population rurale moderne de la Bavière, je trouve 1419 pour la moyenne de la capacité cervicale; Welcker ne donne même que 1,374 centimètres cubes pour la Saxe.

Nous nous rencontrons ici avec le fait sur lequel M. Virchow a

(1) Longueur 172 millimètres, largeur 140, hauteur 140, circonférence 547, indice céphalique 81,4.

appelé l'attention à propos du crâne trouvé dans un palafitte, dans son célèbre discours prononcé lors de la cinquantième réunion des naturalistes à Munich, en 1877. Autant que les trouvailles faites jusqu'à présent permettent de se former un jugement, le développement cervical de ces époques préhistoriques n'est pas inférieur à la moyenne de celui des habitants actuels des mêmes contrées, et souvent il le dépasse.

Il n'y aurait donc rien d'humiliant pour nous si nous devions nous considérer comme les descendants directs des troglodytes de Gailenreuth.

Les résultats d'un grand nombre de recherches minutieuses faites récemment concourent à nous montrer dans les habitants primitifs de l'Europe, au lieu de barbares autochtones, des émigrants qui ont apporté dans leur nouvelle demeure inhospitalière des souvenirs de la civilisation et de l'art d'une première patrie plus fortunée.

La céramique préhistorique apporte aussi son obole pour confirmer cette importante donnée. Ce sont justement les débris des ustensiles de l'apparence la plus grossière qui prouvent que les potiers de ces temps reculés, quelque défectueux que soient leurs produits, fabriqués sans les ressources de leur ancienne patrie, se souvenaient d'un art relativement très développé et qu'ils en conservaient la tradition générale. Ceci est prouvé par les fragments de quartz et d'autres pierres pétris avec plus ou moins de soin, mais certainement à dessein, avec l'argile employée, ce qui n'est nullement, comme on le croyait jusqu'ici, l'indication d'une fabrication fort grossière, mais au contraire une méthode fondée sur une longue expérience, pour rendre les objets moins fragiles.

Ecoutons ce qu'un témoin classique, G. Semper, dit à cet égard de la céramique moderne, dans son ouvrage élémentaire *le Style :*

« Après la plasticité, une qualité essentielle de toutes les substances céramiques est leur homogénéité. Nous devons ici faire une distinction entre l'homogénéité des parties et celle de la masse. La première n'est pas toujours nécessaire, même le plus souvent nuisible, de sorte qu'on l'évite expressément au moyen de matières dégraissantes et de ciments qu'on ajoute à la pâte. Ces mélanges faits avec des fragments hétérogènes, réfractaires, détruisent l'homogénéité de la pâte, mais d'une manière continue et régulière ; il se forme des points d'arrêt dans la masse, qui diminuent la fragilité après la cuisson et le danger de se fendre soit sous l'influence d'un changement de température, soit sous celle d'un choc, parce que les fragments plus grossiers, disséminés dans la masse, arrêtent les

vibrations régulières qui propagent la crevasse naissante. Ces éléments plus grossiers rendent le même service que les trous qu'on fait dans les glaces à l'extrémité d'une fente pour empêcher celle-ci d'aller plus loin. »

La céramique moderne la plus raffinée se sert donc du même moyen que les « barbares » préhistoriques de l'Europe.

Les études dont nous nous sommes occupés nous ouvrent donc un horizon nouveau et fort étendu.

Elles paraissent se relier aux résultats des trouvailles inestimables de notre Schliemann dans le sol où est enfouie l'ancienne civilisation de Troie et dans les sépultures si riches en objets d'or des héros de Mycène. L'ensemble des résultats anthropo-archéologiques obtenus par les trouvailles faites à des distances considérables prouve non seulement qu'il existe un lien entre les plus anciennes civilisations de tous les peuples d'Europe de langue aryenne, mais que ce lien existe aussi entre l'Europe et les lieux les plus renommés de l'ancienne civilisation asiatique (1).

Dr JOHANNES RANKE,
Professeur à l'Université de Munich.

(1) In *Samml. gem. wiss-Wort.*, 1879.

LES INSECTES ET LES FLEURS

D'après sir John Lubbock (1).

On s'est beaucoup occupé, dans ces dernières années, des rapports qui existent entre les insectes et les végétaux. Darwin d'abord, puis H. Muller et à leur exemple un grand nombre d'observateurs ont accumulé des faits qui rendent chaque jour de plus en plus manifeste l'existence de relations étroites entre les insectes et les fleurs. Les dernières, en effet, ne peuvent, dans certains cas, être fécondées que par l'intermédiaire des insectes, dont le rôle consiste à prendre sur une fleur le pollen destiné à la fécondation d'une autre fleur, sur laquelle il va ensuite le déposer. Les insectes, d'un autre côté, recherchent les fleurs, qui leur fournissent, sous la forme de grains de pollen ou de liquides sucrés, des aliments indispensables, et ils s'adressent de préférence à celles qui contiennent ces aliments en plus grande abondance. De cette fréquentation des fleurs par les insectes résulte, par sélection naturelle, des modifications de certaines parties des fleurs et de certains organes des insectes. « Les couleurs brillantes des fleurs, leur parfum agréable, attirent les insectes à la recherche du nectar; les lignes et les cercles de la corolle les guident jusqu'à l'endroit convenable; et certaines fleurs possèdent des appareils curieux qui tendent tous au même but. »

Sprengel est le premier qui ait remarqué les rapports intimes qui existent entre les fleurs et les insectes. Il observa, en 1785, que la corolle du *Geranium sylvaticum* porte un grand nombre de poils. Imbu d'idées religieuses, il fut convaincu « que le sage Auteur de la nature n'aurait pas voulu créer un seul poil inutile », et il chercha quel pouvait être le rôle rempli par les poils du *Geranium* dans l'économie de la fleur; à la suite de nombreuses recherches, il découvrit qu'ils servaient à protéger le nectar contre la pluie. Continuant ses recherches, il étudia un grand nombre d'autres fleurs avec le même soin, parvint à la connaissance d'un certain nombre de résultats dont les observations ultérieures ont démontré l'exactitude, mais que ses

(1) Un volume in-12, 225 pages, 131 fig. Paris, 1879, chez Reinwald, éditeur. Nos lecteurs nous sauront gré sans doute d'extraire de ce volume, dont la majeure partie est consacrée à des études de détail intéressantes seulement pour les botanistes de profession, les faits et les idées susceptibles d'intéresser tous les esprits cultivés.

idées religieuses ne lui permettaient pas d'interpréter d'une façon raisonnable. Dominé par l'idée que chaque fleur et chaque insecte ont été créés dans l'état où nous les constatons aujourd'hui, il lui était impossible de concevoir que les uns et les autres aient pu s'adapter en vue de faciliter leurs relations. Sprengel observa que, dans beaucoup d'espèces de plantes, les étamines et le pistil n'arrivent pas en même temps à la maturité, et que par conséquent dans ces plantes l'autofécondation est absolument impossible; il constata aussi que dans ces cas la fécondation dépend d'ordinaire de la visite des insectes; mais, dit M. Lubbock, « l'éminent botaniste paraît avoir pensé que ces visites avaient principalement pour but de vaincre les difficultés de cette fécondation. C'est probablement à ce défaut d'une conclusion exacte qu'il faut attribuer l'oubli dans lequel est tombé son ouvrage, si intéressant d'ailleurs, si plein de suggestions et d'observations curieuses faites avec le plus grand soin. On ne peut guère s'expliquer la coexistence de deux arrangements très complexes dont l'un tend à empêcher et l'autre à amener la fécondation directe; il faudrait supposer, en effet, que le Créateur a disposé les étamines et le pistil de façon que le pollen des unes ne puisse pas féconder les autres, puisqu'il a imaginé des appareils compliqués pour encourager les visites des insectes et les forcer à transporter au pistil le pollen des étamines. Or il aurait pu obtenir beaucoup plus facilement ce résultat au moyen d'une légère modification de la fleur elle-même. Il est d'autant plus surprenant que ce fait n'ait pas frappé Sprengel que, dans un passage, il insiste sur l'observation suivante : « La nature ne veut pas qu'une fleur complète se féconde au moyen de son propre pollen. »

C'est Darwin qui, le premier, a eu l'honneur d'exposer, d'une manière scientifique, l'importance du rôle que jouent les insectes dans la fécondation des plantes, après avoir montré combien sont nombreuses les fleurs qui, quoique hermaphrodites, ne peuvent pas se féconder elles-mêmes ou plutôt n'ont pas avantage à le faire, d'où résulte que les plantes autofécondes disparaissent devant les autres.

« Je ne veux pas, dit M. Lubbock, discuter ici les considérations qui permettent de conclure que la fécondation croisée est un avantage; on a clairement démontré qu'il en est ainsi. Kolreuter parle avec étonnement de la vigueur, de la *statura portentosa*, de quelques plantes qu'il a obtenues par ce système. M. Darwin, de son côté (*Animaux et plantes à l'état domestique*, chap. XVII), dit : « Tous les observateurs ont été frappés de la vigueur, de la hauteur, de la grosseur, de la rusticité, de la précocité et de la puissance de résistance de ces productions hybrides. » C'est Darwin qui, le premier, a montré

que, si l'on féconde une fleur avec du pollen pris sur une fleur portée par un autre pied, les graines donnent des pieds plus vigoureux et plus féconds, c'est-à-dire produisant un plus grand nombre de fleurs. L'autofécondation étant défavorable, d'une façon générale, aux plantes, tous les détails d'organisation survenus accidentellement, qui ont pour résultat de mettre un empêchement quelconque à l'autofécondation, constituent un avantage pour la plante et ont par suite une tendance manifeste à être transmis aux descendants et à être perpétués, et le nombre des fleurs dans lesquelles l'autofécondation est impossible ou difficile doit augmenter d'une manière incessante, en même temps que l'intervention des insectes devient de plus en plus nécessaire et générale et que, par suite, les rapports entre les fleurs et les insectes deviennent plus intimes. « Or, dans bien des cas, les insectes se sont modifiés pour s'adapter de façon à s'emparer du nectar et du pollen des fleurs; les fleurs, à leur tour, doivent leur parfum, leurs couleurs, leur nectar et même leurs formes distinctives à l'intervention des insectes. » Fleurs et insectes ont donc réciproquement réagi les uns sur les autres, ce qui a provoqué la modification générale des uns et des autres. « Si l'on objecte, dit M. Lubbock, que j'admets par avance l'existence de ces modifications graduelles, je me bornerai à répondre que je n'ai pas l'intention de discuter ici la doctrine de la sélection naturelle. Je puis toutefois rappeler au lecteur que la théorie de Darwin repose sur les considérations suivantes : 1° il n'y a pas, dans la nature, deux animaux ou deux plantes identiques sous tous les rapports; 2° les descendants tendent à hériter des caractères particuliers de leurs parents; 3° un certain nombre seulement des individus mis au monde atteignent la maturité; 4° ceux qui sont le mieux adaptés au milieu dans lequel ils se trouvent sont les plus aptes à produire des descendants. Appliquons ces considérations aux fleurs. S'il est avantageux pour les fleurs de recevoir la visite des insectes, — et nous démontrerons tout à l'heure que cet avantage existe, — il est évident que les fleurs qui, par leur grandeur, par leurs couleurs brillantes, par leur parfun agréable, par la quantité de nectar qu'elles distillent, attirent le plus les insectes, doivent l'emporter, *cœteris paribus*, dans la lutte pour l'existence, et sont les plus aptes à perpétuer leur race. Il suffit de jeter les yeux sur un jardin pour comprendre que les fleurs sont susceptibles de grandes modifications au point de vue de la forme et de la couleur, et que les insectes provoquent inconsciemment des modifications analogues à celles que l'homme effectue à dessein. »

« Les insectes rendent aux plantes des services de diverse nature.

Ainsi, M. Belt a étudié une espèce d'acacia dont certaines fourmis détruisent toutes les feuilles, non pas pour les manger, mais pour en faire, selon lui, des couches sur lesquelles elles cultivent des champignons. D'autre part, cet acacia porte des épines creuses, et chaque foliole distille du nectar dans une glande en forme de cratère, située à la base de la feuille, et porte, à l'extrémité, un petit appendice sucré en forme de poire. En conséquence, cet acacia est habité par des myriades de petites fourmis (*Pseudomyrma bicolor*), qui se logent dans les épines creuses et qui trouvent ainsi, sur cet arbre, le logement et la nourriture. Ces fourmis circulent incessamment sur la plante; elles constituent, pour l'acacia, des défenseurs toujours en éveil, qui chassent et mettent en fuite les fourmis, dont l'habitude est de ravager les feuilles, outre que, selon M. Belt, elles communiquent aux feuilles une certaine odeur qui les défend contre les attaques des mammifères herbivores.

Toutefois, le service principal que les insectes rendent aux plantes est le transport du pollen d'une fleur à une autre. Le transport du pollen d'une fleur à une autre s'effectue principalement, comme je l'ai déjà dit, par l'action du vent ou l'entremise des insectes. Dans le premier cas, la fleur est rarement remarquable. M. Darwin croit même pouvoir établir en règle générale que la corolle des fleurs fécondées par le vent n'est jamais revêtue de brillantes couleurs. Les conifères, les graminées, les bouleaux, les peupliers, etc., appartiennent à cette catégorie.

Ces plantes doivent produire beaucoup plus de pollen que celles chez lesquelles les insectes se chargent de la fécondation. Chacun a remarqué la véritable pluie de pollen jaune provenant de quelques espèces de pins. Il est avantageux pour ces plantes de fleurir avant la pousse des feuilles, parce que ces dernières constitueraient un obstacle à la libre arrivée du pollen sur la fleur femelle. Aussi, en règle générale, ces plantes fleurissent au commencement du printemps. En outre, chez ces fleurs, les filaments des étamines sont ordinairement très longs, et le pollen est peu adhérent, de façon que le vent puisse l'entraîner facilement; ces conditions, au contraire, constitueraient un désavantage manifeste pour les fleurs fécondées par les insectes. D'autre part, il est avantageux pour la plupart des graines d'être fixées assez solidement à la plante pour n'être enlevées que par un vent assez violent pour les transporter à une distance considérable; cette remarque ne s'applique pas, bien entendu, à des graines qui, comme celles du pissenlit, sont spécialement adaptées pour être transportées par le vent.

M. Darwin a fait remarquer aussi que les fleurs irrégulières semblent toujours être fécondées par les insectes.

En outre, les fleurs fécondées par le vent ont ordinairement un stigmate plus ou moins fourchu ou garni de poils, ce qui tend évidemment à augmenter la chance qu'elles ont d'attraper le pollen.

On peut établir en règle générale que les fleurs fécondées par le vent sont peu voyantes; mais le contraire n'est pas absolument exact, car il y a beaucoup de fleurs visitées habituellement par les insectes qui n'ont cependant pas de couleurs brillantes.

Dans quelques cas, les fleurs cherchent à remplacer par le nombre ce qui peut leur manquer comme beauté individuelle; quelques autres attirent les insectes par leur parfum, et, comme nous l'avons déjà fait remarquer, il y a certainement lieu de penser que la sélection naturelle a beaucoup contribué à développer le parfum des fleurs au même titre que leur couleur (1), c'est-à-dire dans le but d'attirer les insectes. Toutefois, bien que les brillantes couleurs et les parfums pénétrants suffisent pour appeler l'attention des insectes, il faut quelque chose de plus pour les retenir. En effet, les insectes ne visiteraient pas les fleurs, quelque brillantes et quelque odoriférantes qu'elles pussent être, si ces mêmes fleurs n'avaient pas quelque chose de plus substantiel à leur offrir; ce quelque chose, c'est le pollen et le nectar. On a pensé cependant que certaines fleurs attirent les insectes, parce qu'elles semblent contenir des sécrétions sucrées qui en réalité n'existent pas chez elles, de même que, pour écarter leurs ennemis, certains animaux s'efforcent de ressembler à d'autres espèces dangereuses ou désagréables.

La fleur distille le nectar tantôt dans une de ses parties, tantôt dans une autre; on remarque de grandes différences sous ce rapport dans les limites d'un même ordre. Voyons, par exemple, les Renonculacées : les glandes à nectar se trouvent sur le calice chez certaines Pivoines; sur les pétales, chez le Bouton d'or et chez l'Hellébore; sur les étamines, selon Müller, chez l'Anémone pulsatile ou Coquelourde et sur l'ovaire chez le Souci.

Le pollen, tout en étant très utile aux insectes, est indispensable à la fleur elle-même; le parfum et le nectar, au contraire, dans leur état actuel de développement tout au moins, sont surtout utiles en ce qu'ils attirent les insectes vers la fleur. Parfois aussi, le nectar joue

(1) On cite à l'appui de cette assertion le fait que les fleurs durent plus longtemps quand on s'arrange de façon à empêcher les visites des insectes ; en effet, la corolle tombe peu après la fécondation de la fleur, cet organe ayant désormais rempli ses fonctions.

un rôle important en ce qu'il fait adhérer le pollen à la trompe de l'insecte.

Les nombreuses observations faites sur les rapports des abeilles avec les fleurs ont, en quelque sorte, autorisé à conclure que les couleurs attirent les abeilles et que celles-ci savent parfaitement les distinguer ; mais je ne sache pas qu'il y ait de preuves directes à cet égard. J'ai donc pensé qu'il serait bon de faire quelques expériences à ce sujet. J'ai placé des morceaux de verre, enduits de miel, sur des papiers diversement colorés, et j'ai accoutumé les abeilles à visiter certaines couleurs spéciales ; or, quand les abeilles ont rendu quelques visites à tel ou tel papier, elles le retrouvent facilement si on le change de place.

Si les fleurs se sont modifiées pour attirer les insectes, ceux-ci, de leur côté, se sont, dans bien des cas, modifiés aussi pour tirer tout le parti possible des visites qu'ils rendent aux fleurs. On remarque tout spécialement des modifications de ce genre chez deux groupes importants d'insectes : les abeilles et les papillons, que M. Müller a spécialement étudiés sous ce rapport. Bien que l'organisation tout entière de l'insecte participe à ces rapports avec les fleurs, les parties qui ont été le plus profondément modifiées sont cependant la bouche et les pattes. Si l'on demande ce qui nous fait admettre chez les abeilles et les papillons des modifications plus profondes portant sur la bouche et sur les pattes, nous pouvons répondre que ce sont les parties qui s'écartent le plus du type des espèces voisines, et qu'entre le type primitif et les insectes les plus modifiés on trouve une foule de transitions.

Il serait difficile d'expliquer les rapports qui existent entre les fleurs et les insectes par l'hypothèse d'un instinct aveugle chez ces derniers.

Les Sarcophages carnassières, il est vrai, visitent la Bistorde ou grande oseille (*Polygonum Bistorta*), à la recherche du nectar, bien que cette fleur n'en contienne pas. De même, les mâles de plusieurs espèces d'abeilles visitent aussi le Genêt des teinturiers (*Genista tinctoria*), bien que cette fleur ne contienne pas non plus de nectar; il en est de même pour l'*Ononis*. Mais H. Müller raconte qu'il a surveillé un jour un bourdon femelle (*B. terrestris*) qui examinait une Ancolie (*Aquilegia*); elle fit plusieurs essais infructueux pour sucer le nectar; puis, convaincue sans doute qu'elle n'y parviendrait pas, elle finit par perforer la corolle.

S'étant ainsi assuré la possession du nectar, elle visita diverses autres fleurs de la même espèce; elle les perfora immédiatement, sans essayer de pénétrer dans la fleur, comme si elle comprenait que

c'était prendre une peine inutile. Le même naturaliste a observé un fait analogue relativement à une primevère (*Primula elatior*). Le *Bombus terrestris* pénètre ordinairement jusqu'au nectar de la Vesce multiflore (*Vicia cracca*) et de quelques autres espèces analogues, en perforant la base de la fleur. Les autres abeilles profitent ensuite de cette perforation. En un mot, quiconque a surveillé les abeilles dans une serre a pu se convaincre que leur instinct ne les porte pas à visiter exclusivement certaines fleurs, mais que, d'autre part, elles ne visitent pas indistinctement toutes les fleurs.

Il semble aussi que l'on puisse remarquer certaines différences individuelles dans la manière dont les abeilles se comportent avec les fleurs. Certains bourdons se procurent le nectar du haricot commun et du haricot d'Espagne en se posant sur la fleur, tandis que certains autres percent un trou dans le tube et se le procurent ainsi de façon détournée. Le docteur Ogle a observé que le même bourdon procède toujours de la même manière; les uns entrent toujours par l'ouverture de la fleur, les autres perforent toujours le tube. Il insiste sur le fait que les abeilles d'une même espèce adoptent ces deux façons d'agir, et il en conclut que les individus diffèrent au point de vue du développement de l'intelligence; on nous dira peut-être que ces observations ne sont pas concluantes, mais elles sont intéressantes et donnent beaucoup à penser.

Enfin plusieurs insectes restreignent absolument leurs visites à certaines fleurs.

Nous avons signalé déjà chez les fleurs plusieurs dispositions de structure qui semblent destinées à faciliter les visites des insectes. Mais il importe d'ajouter qu'il est d'autres dispositions très intéressantes, destinées, selon toute probabilité, à les défendre contre les visiteurs fâcheux, tels que les fourmis qui les dépouilleraient de leur nectar sans leur rendre aucun service. Pour atteindre ce but, certaines plantes se couvrent de poils rudes et pointus, certaines autres de poils visqueux ; certaines enfin ont une surface extrêmement lisse. Dans d'autres cas, l'entrée de la fleur est obstruée de façon à ménager juste l'espace nécessaire pour permettre à l'abeille d'insérer sa trompe si affilée; certaines fleurs enfin, telles que la digitale, constituent de véritables boîtes, dans lesquelles les abeilles seules peuvent pénétrer.

Le sommeil qui caractérise certaines espèces de plantes est un autre caractère remarquable qui a probablement une grande influence sur leurs rapports avec les insectes.

Beaucoup de fleurs ferment leurs pétales pendant la pluie, ce qui est évidemment un avantage, puisque le nectar et le pollen ne sont pas exposés à être détériorés ou entraînés par l'eau. En outre, chacun

a pu observer que, même par le beau temps, certaines fleurs se ferment à certaines heures. Cette habitude du sommeil est certes très curieuse. Pourquoi les fleurs l'ont-elles adoptée? On comprend facilement le sommeil chez les animaux; fatigués, ils ont besoin de se reposer. Mais pourquoi les fleurs s'ouvrent-elles? Pourquoi certaines fleurs ont-elles adopté cette habitude, alors que d'autres ne l'ont pas contractée? En outre, les fleurs dorment à des heures différentes : la marguerite s'ouvre au lever du soleil et se ferme à son coucher, d'où le nom d'*œil du jour*. Le pissenlit s'ouvre, dit-on, vers sept heures du matin, et se ferme à cinq heures du soir; la sabline reste ouverte de neuf heures du matin à trois heures du soir; le nénuphar blanc, de sept heures à quatre heures; la piloselle, de huit heures à trois heures. Le mouron des champs s'ouvre à sept heures et se ferme vers les deux heures; le salsifis sauvage s'ouvre à quatre heures du matin et se ferme un peu avant midi. On assure que dans quelques pays les fermiers règlent l'heure de leurs dîners sur la fermeture de cette fleur. D'autres fleurs au contraire s'ouvrent dans la soirée. Cependant il est vrai de dire que la température exerce sur l'ouverture et la fermeture des fleurs une action beaucoup plus considérable que ne sembleraient l'indiquer les faits que nous venons de citer.

Il est évident que les fleurs qui sont fécondées par les insectes nocturnes ne trouveraient aucun avantage à rester ouvertes pendant la journée; d'autre part, celles qui sont fécondées par les abeilles ne gagneraient rien à rester ouvertes pendant la nuit. Cette ouverture constante serait même un grand désavantage pour les plantes, car cela les exposerait à se faire voler leur nectar et leur pollen par des insectes incapables de les féconder.

Je serais donc disposé à croire que la fermeture ou le sommeil des fleurs a quelques rapports avec les habitudes des insectes; je puis d'ailleurs ajouter, à l'appui de cette hypothèse, que les fleurs fécondées par le vent ne dorment jamais, et que certaines fleurs qui attirent les insectes par leur parfum sentent particulièrement bon à certaines heures. Ainsi la julienne des dames (*Hesperis matronalis*) et le *Lychnis vespertina* émettent leurs parfums les plus suaves dans la soirée, et l'*Orchis bifolia* pendant la nuit. »

Sir John Lubbock.

De la Circulation des gaz et des phénomènes de Thermo-diffusion gazeuse dans les Végétaux,

Par J.-L. de Lanessan.

I

La question de la circulation des gaz dans les végétaux a fait depuis quelques années, grâce surtout aux travaux encore à peine connus de M. Merget, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux, des progrès tellement considérables que nos lecteurs nous sauront sans doute gré d'exposer ici les points les plus importants de cet intéressant problème de biologie. Les recherches dont nous aurons à parler sont d'ailleurs utiles à connaître au point de vue de la biologie générale, quoiqu'elles aient pour objet les seuls végétaux.

En même temps que les liquides venant du sol et les matières nutritives élaborées par les parties vertes circulent dans toutes les parties des plantes, les gaz nécessaires à la respiration ou destinés à être éliminés entrent et sortent des cellules par diffusion à travers les membranes et cheminent dans les vaisseaux, les méats intercellulaires et les lacunes qu'offrent en plus ou moins grande abondance les différents tissus. Nous n'entrerons pas ici dans l'étude de ces gaz; nous nous bornerons à rechercher par quelles voies ils pénètrent dans les végétaux et y circulent, et quelles sont les causes qui déterminent leurs mouvements à travers les organes.

Lorsque le végétal est unicellulaire, comme certaines Algues et Champignons inférieurs, ou formé d'un nombre relativement peu considérable de cellules disposées en filaments, comme les Algues filamenteuses, le mycélium des Champignons, etc., les gaz ne peuvent évidemment pénétrer dans les cellules que par diffusion à travers les membranes, et l'on sait par les expériences de Graham que le pouvoir diffusible des différents gaz n'est pas le même, et que, de tous les gaz, le plus diffusible est l'acide carbonique, c'est-à-dire le gaz à la fois le plus indispensable aux végétaux verts et le plus nuisible après qu'il a été produit pendant l'acte de la respiration. L'azote, dont le rôle, en tant que gaz atmosphérique, est à peu près, sinon tout à fait nul dans les végétaux, est beaucoup moins diffusible que l'acide carbonique et que l'oxygène, dont la fonction est également très importante. Acide carbonique et oxygène pourront donc facilement traverser, par dialyse, les membranes des végétaux dont nous venons de parler, soit pour entrer dans les cellules, soit pour en sortir.

Beaucoup de végétaux aquatiques, de taille souvent considérable, étant dépourvus à leur surface d'orifices qui puissent donner passage aux gaz, c'est encore par diffusion que ces derniers devront traverser les couches les plus superficielles des tissus, lorsque ces couches seront tout à fait intactes; mais il n'est pas rare qu'elles offrent des ouvertures accidentelles qui facilitent l'entrée et la sortie des gaz.

Ces mêmes ouvertures accidentelles sont encore plus fréquentes à la surface des végétaux aériens et y jouent certainement un rôle important dans l'introduction et la sortie des gaz; mais ces végétaux sont en outre pourvus de stomates qui constituent des passages naturels pour les vapeurs et les gaz, dont la pénétration dans la plante par diffusion est rendue difficile par une cuticularisation plus ou moins considérable de l'épiderme. Aussi admet-on à peu près unanimement que c'est par les

stomates des feuilles qu'entrent et sortent les gaz dans tous les végétaux aériens qui sont pourvus de ces orifices. Cette manière de voir paraît d'autant plus naturelle que les orifices des stomates débouchent dans les vastes lacunes dont est pourvu le parenchyme de presque toutes les feuilles. Il a cependant été formulé une théorie tout à fait opposée, dont nous devons dire quelques mots et d'après laquelle les gaz ne pénétreraient dans les plantes que par diffusion à travers la cuticule. M. Garreau a le premier, je crois, appuyé cette opinion par l'expérience (in *Ann. sc. nat.*, 1850), en montrant que l'épiderme dépourvu de stomates de l'écaille de l'Oignon laisse passer l'acide carbonique dans de l'eau de chaux. Il n'est guère, en effet, permis de douter que l'acide carbonique puisse diffuser à travers la cuticule, mais il y a loin de là à affirmer que c'est uniquement par cette voie qu'il pénètre dans le végétal, comme l'a fait récemment M. Barthélemy (in *Ann. sc. nat.*, sér. 5, XIX, p. 131), dont les expériences sont, il est vrai, bien peu aptes à produire la conviction dans tout autre esprit que celui de leur auteur, et dont les raisonnements ont encore beaucoup moins de valeur.

Graham a montré que quand on bouche avec une membrane très mince de caoutchouc un flacon rempli de gaz, qu'on expose ensuite au soleil, le gaz, dilaté par la chaleur, exerce bientôt une pression considérable sur la membrane, qu'il fait bomber et qu'il traverse, de sorte que, si l'on refroidit ensuite le flacon, la membrane rentre dans son intérieur et s'applique contre les parois sous l'influence de la pression atmosphérique, ce qui indique bien que le flacon ne contient plus ou presque plus de gaz. C'est à l'aide d'une expérience analogue que M. Barthélemy s'efforce de soutenir sa manière de voir. Comme il lui était difficile d'obtenir une cuticule absolument dépourvue de stomates ou de tout autre orifice, il s'est servi de feuilles de « Bégoniacées tachées de blanc », qui, « excessivement minces déjà sur la plante vivante, se réduisent, en se fanant, à l'état d'une pellicule douée d'élasticité et qui ne représente plus, à peu près, que les couches cuticulaires. » « Ce sont, ajoute-t-il, ces lames colloïdales qui m'ont servi à répéter l'expérience de Graham en la modifiant légèrement. » Une première objection peut, on le voit, être faite de suite à M. Barthélemy : c'est que sa feuille est nécessairement pourvue de stomates, de poils rompus, et sans aucun doute d'un nombre plus ou moins considérable de petits orifices accidentels, qui en font une membrane toute différente de la cuticule intacte d'une feuille fraîche. L'auteur a sans doute prévu cette objection, car il nous dit que, pour s'assurer si la membrane était intacte, il l'a soumise à la dialyse de l'air seul, et que l'air dialysé par elle contenait en moyenne 36,1 pour 100 d'oxygène, chiffre un peu inférieur à celui que Graham avait constaté pour le caoutchouc. Nous avouons que cette « vérification » ne nous satisfait nullement, parce que la production d'une certaine dialyse à travers les parties intactes de la feuille n'empêche pas les stomates d'exister et que nous ne voyons pas pourquoi leurs orifices se seraient fermés pendant le flétrissement de la feuille. Quoi qu'il en soit, l'auteur, après avoir vu l'acide carbonique traverser sa membrane, en conclut qu'il pénètre dans les végétaux exclusivement à travers la cuticule.

Cependant, les expériences même de M. Barthélemy sont formellement contredites par un observateur de grand mérite, M. Merget, qui, nous allons le voir, s'est beaucoup occupé de cette question et qui, dans une lettre toute récente, m'affirme avoir répété « plus de cent fois » les expériences de M. Barthélemy et n'avoir jamais obtenu que des « résultats négatifs ».

Quant aux arguments formulés par M. Barthélemy contre l'entrée des gaz par

les ouvertures des stomates, le lecteur jugera aisément de leur valeur par le suivant, qui nous dispensera de citer les autres. M. Barthélemy suppose d'abord fort gratuitement qu' « on n'a, à vrai dire, pour attribuer aux stomates un rôle de premier ordre dans la respiration, d'autre raison que leur analogie avec la bouche des animaux; » à quoi il répond : « L'analogie de forme avec la bouche des animaux ne saurait être suffisante ni même sérieuse, puisque, chez les animaux supérieurs, les narines plus que la bouche servent à la respiration, et que, chez les insectes et les animaux à respiration cutanée, la bouche n'a rien de commun avec la respiration » (*loc. cit.*, p.133). Un peu plus loin (*loc. cit.*, p. 151), il ajoute : « Les lèvres des stomates sont disposées comme celles d'une bouche, et l'on sait que, lorsqu'on aspire par la bouche sans contractions orbiculaires, celle-ci se ferme. Ainsi les stomates, dans les conditions normales, peuvent laisser sortir les gaz de l'intérieur lorsque la pression augmente ; mais ils ne peuvent laisser rentrer l'air dans les lacunes. » Le lecteur comprendra, après ces citations, que nous n'insistions pas davantage sur la théorie de M. Barthélemy; nous avons hâte de passer à des choses plus sérieuses.

Un grand nombre d'excellentes expériences, dont quelques-unes sont déjà fort anciennes, ont mis en évidence le fait indiqué plus haut que, dans les végétaux supérieurs, les stomates jouent le plus grand rôle dans la sortie et l'entrée des gaz et des vapeurs. Nous passerons rapidement en revue les plus importants d'entre ces faits. Raffeneau Delile a le premier montré que, en soufflant dans le pétiole d'une feuille de *Nelumbium speciosum* plongée sous l'eau, on voit sortir par la face supérieure, pourvue de stomates, des bulles de gaz qui viennent crever à la surface du liquide. La même observation a été reproduite avec d'autres feuilles, notamment avec celles des *Allium*, des *Iris*, de l'*Arum maculatum*, etc.; mais, pour que les bulles d'air puissent se dégager, il est nécessaire que la feuille plongée dans l'eau conserve à sa surface une couche mince d'air, ce qui est le cas de toutes les feuilles que nous venons de citer. Si l'on frotte leur surface avec la main, de façon à enlever cette couche d'air, le dégagement de gaz par les stomates du limbe ne se produit plus quand on souffle avec la bouche dans le pétiole, parce que les stomates sont bouchés par le liquide que la capillarité retient entre leurs lèvres. L'eau ainsi retenue oppose une résistance très considérable à la sortie de l'air. Si, en effet, on souffle dans le pétiole d'une feuille d'*Allium* plongée sous l'eau et bien débarrassée d'air par des frictions, on ne peut pas parvenir à faire sortir de bulles d'air; mais, si l'on aspire fortement, la feuille s'injecte d'eau. La même expérience peut être faite avec un tube capillaire dont l'extrémité effilée, plongée dans l'eau, contient une petite colonne de ce liquide; si fort que l'on souffle, on ne peut pas faire sortir ce dernier, tandis qu'en aspirant, on en fait rapidement entrer de nouvelles quantités. Il y a donc là une condition dont il faut avoir grand soin de tenir compte dans les expériences relatives à la question qui nous occupe.

Une expérience inverse de celle de M. Raffeneau Delile a été faite par M. Sachs. Il enfonce dans sa bouche le limbe d'une feuille, serre les lèvres autour de la base du pétiole et souffle; l'air sort par l'extrémité libre du pétiole; le limbe étant intact, il n'a évidemment pu entrer que par les stomates.

L'expérience suivante d'Unger (*Sitzungsb. der k. Akad. der Wiss. Wienn*, 1857, XXV, p. 459), reproduite par M. Sachs (*Phys. végét.*, trad. fr., p. 280), met bien en relief le phénomène de la sortie de l'air par les stomates. Il adapte la base d'une feuille creuse d'*Allium Cepa* à l'ouverture de la petite branche d'un tube

recourbé dans lequel on verse du mercure jusqu'à ce qu'il y ait équilibre dans les deux branches, de façon à emprisonner de l'air dans la partie supérieure de la petite branche et dans la cavité de la feuille. Si alors, tout l'appareil plongeant dans l'eau, on verse dans la grande branche une nouvelle quantité de mercure, l'air comprimé dans la petite branche sort par les stomates de la feuille en grosses bulles qui crèvent à la surface de l'eau.

L'expérience suivante de M. Sachs (*Physiol. végét.*, trad. fr., p. 275) met bien en relief à la fois la possibilité de l'entrée des gaz par les stomates et la communication des méats et des lacunes des feuilles avec les vaisseaux du bois. Une cloche fermée d'un bouchon repose sur le plateau d'une machine pneumatique. Sous cette cloche, on place un vase plein d'eau de chaux; à travers le bouchon de la cloche, on fait passer le pétiole d'une feuille, et l'on enfonce son extrémité dans l'eau de chaux. La feuille elle-même est enveloppée d'une cloche renversée, dont l'ouverture est tournée vers le haut. On fait parvenir dans cette cloche un courant de gaz acide carbonique qui, en vertu de sa densité, ne tarde pas à la remplir. On fait alors jouer le piston de la machine; *dès les premiers coups de piston*, on voit l'eau de chaux se troubler; l'acide carbonique, pénétrant dans le limbe de la feuille par ses stomates, circule dans le limbe, puis dans le pétiole, sort par l'extrémité de ce dernier, qui plonge dans l'eau de chaux, et trouble cette dernière. On peut faire la même expérience avec une tige de *Brassica Napus*, de Pomme de terre, etc. Le gaz entré par les stomates des feuilles sort par la section de la tige et trouble l'eau de chaux. On a reproché à cette expérience de faire intervenir une action pneumatique qui ne se produit pas dans la nature; mais il est important de remarquer que, d'après M. Sachs, l'entrée de l'acide carbonique se produit « dès les premiers coups de piston », c'est-à-dire dès que l'équilibre de pression entre l'intérieur de l'organe végétal et l'extérieur est détruit; or nous verrons que cette différence d'équilibre se produit dans un grand nombre de circonstances naturelles.

Les expériences suivantes de M. Merget sont d'ailleurs tout à fait à l'abri de ce reproche. Pour démontrer que les gaz et les vapeurs peuvent entrer et sortir par les stomates, M. Merget s'est d'abord adressé à des vapeurs jouissant de la propriété de colorer les tissus, et il a choisi les vapeurs mercurielles, parce que « des trois modes d'introduction dans les végétaux possibles pour les gaz en général, le transport par les liquides de l'économie servant de véhicules, la dialyse cuticulaire et la diffusion par des ouvertures libres, le dernier seulement est admissible pour elles, puisqu'elles ne sont ni solubles dans l'eau ni dialysables à travers aucune membrane colloïdale » (*Comp. rend. Ac. sc.*, 26 févr. 1877). La pénétration des vapeurs mercurielles dans le parenchyme des feuilles est révélée par un changement de coloration du protoplasma des éléments anatomiques et sa mort ultérieure. L'auteur, prenant une feuille monostomatée, c'est-à-dire n'ayant de stomates que sur l'une de ses faces, recouvre la moitié droite de la face inférieure et la moitié gauche de la face supérieure d'un « enduit-réserve » destiné à jouer le rôle d'un obturateur absolu des stomates, puis il expose la feuille aux vapeurs mercurielles. Si la feuille n'a de stomates que sur la face inférieure, « la portion du parenchyme qui correspond à la réserve supérieure n'est aucunement préservée de l'intoxication mercurielle, tandis qu'il y a préservation complète de la portion qui correspond à la réserve inférieure. » Si, au contraire, c'est la face supérieure qui, seule, offre des stomates, on obtient le résultat inverse, « et cette corrélation entre l'occlusion des stomates et l'annihilation de l'action toxique des

vapeurs mercurielles prouve la pénétration de ces dernières par les orifices stomatiques. »

Pour démontrer que les stomates servent aussi bien à la sortie qu'à l'entrée des gaz, M. Merget « injecte au mercure une de ces feuilles, dont les pétioles sont creusés de larges cavités en communication avec les méats du parenchyme, et la presse entre deux doubles de papier sensible à l'azotate ammoniacal d'argent. Dans ces conditions, l'empreinte du limbe qui se forme uniquement sur le double en contact avec la face stomatée atteste que la diffusion sortante des vapeurs mercurielles s'effectue par les ostioles. »

Quand les feuilles sont bistomatées, c'est-à-dire munies de stomates sur leurs deux faces, l'enduit-réserve appliqué de la même façon que plus haut n'empêche pas les vapeurs mercurielles de pénétrer dans le limbe, mais il retarde manifestement leur pénétration. Avec les feuilles bistomatées, M. Merget met bien en relief l'entrée des vapeurs par les stomates d'une face et sa sortie par ceux de l'autre face; pour cela, il applique la feuille intacte sur une feuille de papier sensible à l'azotate ammoniacal d'argent, puis il la recouvre de quelques doubles de papier sans colle, auxquels il superpose une plaque de cuivre amalgamée ; les vapeurs qui se dégagent de cette dernière traversent le papier sans colle, puis pénètrent dans la feuille par sa face supérieure et, en sortant par sa face inférieure, vont tracer une empreinte de cette feuille sur le papier sensible.

M. Merget a fait des expériences avec les gaz ammoniac, acide hypoazotique, acide sulfureux, acide sulfhydrique, cyanogène, chlore, et les vapeurs de brome et d'iode, et a obtenu avec tous ces corps des résultats analogues. « J'ai pu, dit-il, étendre l'application de la méthode des réserves à des gaz dépourvus de toute action sur les tissus végétaux en injectant préalablement ceux-ci avec des liquides sur lesquels ces gaz réagissent en donnant des produits colorés. Les résultats qu'ils fournissent sont identiques à ceux qu'on obtient avec les gaz capables de colorer directemant les tissus. »

M. Merget a démontré également, par un procédé très simple et très probant, que les vapeurs aqueuses sortent des feuilles adultes par les stomates, tandis qu'à l'état jeune elles se dégagent par diffusion à travers la cuticule (*Compt. rend. Ac. sc.*, 12 août 1878). Il emploie pour cela un papier imbibé d'un mélange de protochlorure de fer et de chlorure de palladium obtenu protochimiquement. Ce papier, d'un blanc jaunâtre tant qu'il est sec, acquiert une teinte noirâtre de plus en plus foncée à mesure qu'il devient davantage humide. On fixe facilement la teinte ainsi obtenue en lavant le papier dans une solution de perchlorure de fer. Pour étudier à l'aide de ce papier l'exhalation aqueuse, M. Merget en fait un pli, dans lequel il intercale le limbe d'une feuille restée adhérente à la plante vivante, en le maintenant à l'aide d'une faible pression, de sorte que les parties de la surface par lesquelles il y a émission de vapeurs puissent seules produire un changement de teinte; « c'est bien, d'ailleurs, ajoute-t-il, aux vapeurs émises et non à des réactions de contact que sont dues les empreintes ainsi produites, car elles se forment également à travers des doubles de papier perméable. » En opérant avec des feuilles adultes pourvues de stomates sur une seule de leurs faces, M. Merget n'obtint d'empreinte que sur la lame de papier en contact avec cette face. Lorsque c'est la face inférieure qui est seule stomatée, « les nervures se dessinent en blanc sur le fond plus ou moins teinté qui correspond aux surfaces parenchymateuses. Ces surfaces émettent donc plus de vapeurs aqueuses que celles des nervures, quoique leur cuticule soit plus épaisse, plus cireuse, et qu'elle recouvre des tissus

moins pénétrés d'humidité : leur excès d'émission ne peut alors provenir que de la diffusion des vapeurs intérieures à travers les orifices de leurs nombreux stomates. Tant que les stomates ne sont pas formés, les deux faces foliaires exhalent à peu près de la même manière; mais, à mesure qu'ils apparaissent et se multiplient sur la face inférieure, l'exhalation de cette face augmente rapidement, tandis que celle de la face supérieure diminue, par suite de l'épaississement de la cuticule et du renforcement de son dépôt cireux. Quand le limbe est complètement développé, la face supérieure ne prend plus qu'une part très faible, et le plus souvent négligeable, au phénomène de l'exhalation totale, car on peut la priver de sa propriété évaporatrice, en la recouvrant d'un enduit-réserve imperméable, sans que la feuille paraisse en souffrir. Cette même feuille, au contraire, s'altère promptement et tombe, ou se pourrit sur place, lorsque l'imperméabilisation est pratiquée sur sa face inférieure. »

Lorsque les feuilles ne possèdent de stomates qu'au niveau de leur face supérieure, cette face seule s'imprime, malgré l'épaisseur de sa cuticule.

Quand elles ont des stomates sur leurs deux faces, deux cas se présentent : ou bien, comme cela existe chez les Dicotylédones, les stomates sont moins nombreux sur la face supérieure que sur l'inférieure, et la première de ces faces donne une image moins foncée que la seconde; ou bien les stomates sont à peu près en même nombre sur les deux faces, comme dans la plupart des Monocotylédones, et les images offrent à peu près la même teinte. Les images fournies par les feuilles des Monocotylédones offrent des lignes sombres longitudinales et parallèles, qui répondent aux rangées de stomates.

M. Merget a enfin expérimenté avec les gaz constituants de l'atmosphère et recherché par quelles voies les végétaux aériens et aquatico-aériens les admettent et les rejettent. « Cette admission et ce rejet s'opèrent, dit l'auteur, dans des conditions physiques essentiellement différentes, suivant qu'ils résultent soit des mouvements lents et de peu d'étendue auxquels donne lieu le jeu des forces diffusives moléculaires, soit des mouvements plus rapides et plus étendus provoqués par les différences de pression que certaines causes naturelles produisent entre les deux atmosphères intérieure et extérieure des plantes. »

Pour obtenir artificiellement la circulation des gaz dans les organes végétaux mis en expérience, ainsi que l'entrée et la sortie de ces gaz, et constater les voies par lesquelles ils entrent et sortent, M. Merget (*Comp. rend. Ac. sc.*, 17 juin 1878) a recours aux expériences suivantes :

Une éprouvette, renversée sur une cuve à eau, est remplie d'un gaz inerte, tel que l'hydrogène maintenu en équilibre de pression avec l'air ambiant. Il introduit dans l'éprouvette le limbe d'une feuille dont le pétiole est maintenu dans l'air, au-dessus de la cuve à eau. Afin d'obtenir des différences de pression très faibles, comparables à celles que présentent fréquemment l'atmosphère intérieure des plantes et l'atmosphère ambiante, et qui mettent en circulation les gaz, il suffit de faire varier le niveau du mercure dans l'éprouvette à hydrogène. Dans ces conditions, « au bout d'un temps qui peut varier de quelques heures à plusieurs jours, suivant qu'il s'agit de sujets dont les tissus sont parcourus par un réseau plus ou moins développé de canaux et de lacunes, l'éprouvette à hydrogène se vide totalement de ce gaz, qui est remplacé par un mélange des trois gaz atmosphériques, en proportions variables avec le degré de vitesse du passage. » Ce qui prouve bien que, dans ce cas, l'hydrogène d'une part, les gaz atmosphériques de l'autre, sont entrés et sortis par les stomates, c'est que, « en opérant

sur des feuilles monostomatées, on constate que l'obturation de la face dépourvue de stomates, par l'application d'un enduit-réserve, est sans influence aucune sur le phénomène des échanges, tandis qu'on le rend impossible en obturant la face stomatée. » Au lieu de faire plonger dans l'éprouvette à hydrogène le limbe de la feuille, on peut y introduire le pétiole en maintenant le limbe au dehors; les phénomènes se produisent de la même façon, mais la marche des gaz est inverse. L'auteur a opéré aussi avec des rameaux entiers, dont il introduisait dans l'éprouvette tantôt l'extrémité feuillée, tantôt la base. Les résultats obtenus étaient les mêmes qu'avec les feuilles isolées. « On peut aussi, lorsqu'il s'agit de feuilles dont les limbes se mouillent difficilement et dont les pétioles sont creusés de larges canaux, se contenter d'introduire, dans une éprouvette remplie d'eau et renversée sur la cuve à eau, tantôt le pétiole d'une de ces feuilles, le limbe restant en dehors, tantôt le limbe, en disposant extérieurement la section du pétiole. » Quand c'est le pétiole qui a été placé dans l'éprouvette, « on voit qu'il se produit à l'intérieur du limbe une diminution de pression, qui se mesure par l'élévation de la section du pétiole au-dessus du niveau de l'eau dans la cuve, et qui agit alors comme une cause d'appel, sous l'influence de laquelle l'air extérieur, affluant à travers le limbe, vient se dégager dans l'éprouvette par la section du pétiole. » Quand, au contraire, c'est le limbe qui a été introduit dans l'éprouvette, le pétiole étant maintenu dans l'atmosphère, l'air pénètre par la section du pétiole, passe dans le limbe, puis dans l'éprouvette; mais, « quel que soit le sens de son mouvement à travers le limbe, c'est toujours par les stomates que s'opère sa transmission, comme cela résulte, pour les feuilles monostomatées, de l'opposition bien tranchée des effets produits par des applications alternatives d'enduits-réserves sur les deux faces. »

L'expérience suivante, faite dans les conditions de la végétation la plus normale, met hors de contestation le fait de la sortie et de l'entrée des gaz par les stomates. Un pied de Nuphar en pot étant placé dans une cuve à eau, et toutes les feuilles étant immergées à l'exception de deux d'entre elles qu'on recouvre séparément d'une cloche pleine d'air, si l'on diminue la pression dans une de ces cloches par aspiration, et si on l'augmente d'autant dans l'autre, par enfoncement, l'eau reprend très promptement son niveau des deux côtés. Les deux atmosphères dans lesquelles sont confinées les feuilles sont mises en communication par le réseau continu de canaux et de lacunes qui parcourt les pétioles et le rhizome, et, pour que l'équilibre se rétablisse entre elles, il faut qu'il y ait mouvement sortant de l'air par un des limbes et rentrant par l'autre. Les deux mouvements s'opèrent par la voie toujours libre des orifices stomatiques, car ils sont absolument empêchés par l'obturation des faces supérieures, qui ici sont seules pourvues de stomates. L'expérience est encore plus facile avec des feuilles de *Nymphæa*.

Ces expériences mettent nettement en évidence ce fait que, dans les feuilles pourvues d'une cuticule épaisse, l'échange des gaz entre l'intérieur des végétaux et l'atmosphère s'effectue par les stomates; mais, en même temps, certaines d'entre elles montrent que, dans les feuilles jeunes, non encore cuticularisées et dépourvues de stomates, cet échange gazeux se produit par diffusion à travers les parois externes des membranes épidermiques, comme cela est nécessaire pour toutes les grandes Algues marines et les phanérogames entièrement submergées, qui sont dépourvues de stomates. Il reste encore à déterminer si ces dernières plantes absorbent l'air tenu en dissolution dans l'eau ou si, comme j'ai entendu M. Merget en émettre l'avis, leurs organes sont enveloppés d'une mince couche d'air.

II

Introduits dans la plante par les ouvertures des stomates ou par diffusion, les gaz circulent dans les méats intercellulaires et dans les vaisseaux et sont ainsi transportés dans les différents organes, où ils pénètrent dans les cellules par diffusion à travers les membranes. Nous n'insisterons guère sur cette partie de la question, qui n'est mise en doute par personne; nous nous bornerons à citer quelques expériences qui mettent bien en évidence la possibilité de la circulation des gaz dans les vaisseaux du bois. La première de ces expériences est due à Hales. Une cloche appliquée sur le plateau de la machine pneumatique est fermée dans le haut par un bouchon que traverse un fragment de rameau. L'extrémité inférieure de ce dernier plonge dans un vase plein d'eau. A mesure qu'on fait le vide, l'air pénètre dans les vaisseaux au niveau de l'extrémité supérieure du rameau, et, sortant par leur extrémité inférieure, se dégage en bulles à travers l'eau dans laquelle plonge cette extrémité. M. Merget rend très manifeste la perméabilité des vaisseaux pour les gaz et les vapeurs à l'aide des vapeurs mercurielles, dont il peut suivre la marche le long des faisceaux. En faisant traverser par ces vapeurs des rondelles de bois, il a pu obtenir sur du papier, sensibilisé à l'azotate d'argent ammoniacal, de belles images de la disposition des éléments du bois.

Il nous reste, pour terminer l'histoire de la circulation des gaz dans les plantes, à résoudre une troisième question, celle des causes qui déterminent les mouvements des gaz. Nous passerons successivement en revue chacune des causes qui ont été signalées, en commençant par celles qui nous paraissent avoir le moins d'importance. Parmi ces dernières, on a signalé les mouvements des organes déterminés par le vent. Sous l'influence du vent, les organes sont courbés plus ou moins brusquement; les espaces intercellulaires d'une de leurs faces sont comprimés, tandis que ceux de la face opposée sont dilatés, d'où passage des gaz des parties comprimées dans les parties voisines, qui ne le sont pas ou qui, au contraire, sont dilatées. Quoiqu'on doive tenir compte de cette influence, elle est évidemment trop accidentelle pour avoir une importance considérable dans la circulation normale des gaz, et nous ne la mentionnons que pour mémoire.

En second lieu, il importe de tenir compte des variations incessantes de composition chimique auxquelles sont soumis les gaz contenus dans les méats intercellulaires et les éléments vasculaires ou fibreux du bois, par suite des échanges qui s'accomplissent entre eux et ceux qui sont contenus dans les cellules. Ces variations, en établissant une différence marquée entre les gaz intérieurs et les gaz de l'atmosphère ambiante, doivent favoriser les phénomènes de diffusion gazeuse qui se produisent entre l'atmosphère intérieure et l'atmosphère extérieure.

En troisième lieu, les variations de volume des cellules sous l'influence de l'absorption des liquides ou de la transpiration provoquent incontestablement, dans une certaine mesure, les mouvements des gaz, en faisant varier les dimensions des méats intercellulaires dans lesquels ceux-ci sont contenus, le diamètre des méats étant diminué quand la turgescence des cellules voisines augmente, et augmenté quand cette turgescence diminue. Cette cause doit surtout agir dans les feuilles dont les méats sont considérables et dont les cellules perdent, par la transpiration, des liquides qui leur sont ensuite rendus par les rameaux.

Une quatrième cause de la circulation des gaz, beaucoup plus importante que

les précédentes, est la différence de pression qui existe entre les gaz intérieurs et l'atmosphère ambiante, les gaz situés dans les vaisseaux et les méats intercellulaires des plantes offrant d'habitude une tension inférieure à celle des gaz de l'atmosphère. Ce dernier fait a été bien démontré par M. Franz Hoehnel (*Ueber den negativen Druck der Gefassluft*, Wien, 1876). L'auteur coupe sous le mercure un rameau d'une plante ligneuse vivante et voit le mercure pénétrer à la fois dans les vaisseaux sectionnés des deux moitiés du rameau. Comme le mercure, à cause de ses propriétés spéciales, ne peut pas monter dans les tubes capillaires, en vertu de la seule capillarité, on est bien obligé de conclure que, s'il s'enfonce dans les vaisseaux du rameau coupé, c'est en vertu d'une pression atmosphérique supérieure à celle des gaz contenus dans les vaisseaux. Dans une expérience faite au mois de juin avec un rameau de plusieurs années de *Quercus pedunculata*, le mercure s'éleva, dans la portion terminale du rameau, jusqu'à une hauteur de 385 millimètres, et, dans la portion basilaire, jusqu'à 152 millimètres. Dans certaines conditions, le mercure s'enfonçait dans la portion basilaire du rameau jusqu'au niveau de son point d'insertion sur la branche qui le portait. On reconnaît facilement le niveau auquel s'arrête le mercure, parce que, après avoir enlevé l'écorce, les vaisseaux injectés de mercure offrent l'aspect de lignes grisâtres. Comme le mercure ne peut pénétrer dans les vaisseaux qu'après avoir vaincu la résistance que lui offre la capillarité, la hauteur à laquelle il pénètre dans ces vaisseaux n'indique pas exactement la différence de pression qui existe entre l'atmosphère et les gaz intérieurs. Il faut ajouter à la colonne mercurielle soulevée par la pression atmosphérique une colonne équivalente à la résistance capillaire. D'après Hoehnel, cette colonne est, pour le Chêne, de 13 centimètres environ. La pression négative de l'air contenu dans les vaisseaux de cette plante est donc, en réalité, égale à 38,5 + 13, ou 51,5 centimètres. Dans les vaisseaux de la zone la plus extérieure, le mercure s'élève davantage que dans ceux des zones plus internes et, par suite, plus âgées; la pression de l'air intérieur est donc moindre dans les premiers que dans les derniers. En coupant sous le mercure des tiges de plantes herbacées, l'auteur obtint des résultats analogues. Il en fut de même avec des feuilles; en expérimentant avec celles du *Siringa vulgaris*, il vit le mercure pénétrer dans les vaisseaux de 5 à 40 millimètres. La différence entre la pression intérieure et la pression extérieure est donc beaucoup moindre dans les feuilles que dans les rameaux.

Des branches dont la surface de section est abandonnée à l'air conservent pendant un certain temps une pression négative, mais peu à peu l'équilibre s'établit entre les gaz contenus dans les vaisseaux et l'air atmosphérique. L'auteur attribue la persistance momentanée de la différence de pression, en partie à la présence de tilles obturant plus ou moins la lumière des vaisseaux, et en partie à la persistance de la transpiration dans l'extrémité feuillée des rameaux.

M. Hoehnel a montré, en effet, et cela est d'une grande importance au point de vue qui nous occupe ici, qu'il existait une relation étroite entre la transpiration et la pression des gaz contenus dans les vaisseaux, et que la pression négative de ces derniers est due à la transpiration. Deux rameaux aussi semblables que possible d'une même plante sont coupés en même temps; l'un est abandonné à l'air, l'autre est plongé tout entier dans l'eau, de façon à empêcher la transpiration, qui, au contraire, continue à se produire librement pour le premier. L'équilibre de pression entre l'air des vaisseaux et l'atmosphère s'établit plus rapidement dans le rameau qui ne transpire plus que dans l'autre.

L'influence de la transpiration sur la pression des gaz contenus dans les vaisseaux, et par suite sur la circulation de ces gaz et sur celle des liquides, est d'ailleurs facile à expliquer. Les vaisseaux contenant à la fois des liquides et des gaz, si les liquides contenus dans les portions supérieures de la plante s'évaporent avec une certaine rapidité, il se produit de haut en bas un appel incessant de nouvelles quantités de liquides, et l'air entremêlé se trouve soumis à une pression de moins en moins grande. D'autre part, à mesure que la pression diminue dans les vaisseaux, l'absorption par les racines devient de plus en plus considérable, et des quantités nouvelles de liquides venus du sol montent dans les organes. Transpiration, pression des gaz intérieurs et absorption des racines sont donc étroitement liées ensemble, et l'on peut sans crainte d'exagération affirmer que la transpiration est le régulateur le plus puissant de la circulation des liquides et des gaz.

La pression des gaz contenus dans les plantes est encore placée sous la dépendance de la température, mais les idées exposées encore aujourd'hui dans tous les ouvrages classiques doivent être beaucoup modifiées par un certain nombre de faits très importants dont la connaissance est toute récente. L'opinion aujourd'hui généralement admise, en ce qui concerne l'influence de la température extérieure sur la circulation des gaz, est nettement énoncée par Sachs dans la proposition suivante : Parmi les causes qui « tendent constamment à mettre l'air en mouvement dans la plante », il cite : « les oscillations de température, qui font sortir une partie de l'air contenu dans la plante lorsque celui-ci se dilate, et qui, au contraire, en attirent de l'extérieur lorsqu'il se contracte. » Il semble, en effet, que tout abaissement de la température extérieure, en diminuant le volume du gaz contenu dans la plante, doive avoir pour résultat nécessaire d'en attirer une nouvelle quantité de l'extérieur ; tandis qu'une élévation de température, en faisant dilater les gaz intérieurs, doive avoir pour conséquence l'expulsion au dehors, par les stomates ou les ouvertures accidentelles, d'une partie de la masse gazeuse contenue dans le végétal.

D'après les expériences récentes de M. Merget, c'est cependant tout le contraire qui se produit; l'échauffement d'une partie d'un végétal, bien loin de déterminer la dilatation et l'expulsion des gaz qu'il renferme, provoque au contraire l'entrée d'une nouvelle quantité de gaz venant du dehors. Comme ces faits ont une importance capitale au point de vue des échanges gazeux qui s'effectuent incessamment entre les êtres vivants et leur milieu ambiant, nous croyons que le lecteur nous saura gré d'entrer à leur sujet dans des détails un peu circonstanciés.

III

L'échauffement d'un corps poreux *sec* détermine la sortie des gaz qu'il renferme par les pores superficiels; mais, si ce corps a été préalablement mouillé, l'échauffement détermine à la fois la sortie de l'eau qu'il contenait et l'entrée des gaz du dehors sous une pression qui croît avec la température et qui peut atteindre plusieurs atmosphères. Tel est le phénomène capital qui, découvert par M. Merget, a été désigné par lui sous le nom de *thermodiffusion gazeuse des corps poreux et pulvérulents humides*. « Le mode le plus direct de vérification expérimentale de ce phénomène consiste, dit M. Merget (in *Assoc. pour l'avancem. des sc.*, Congrès de Nantes, p. 354), à prendre un bloc d'un corps poreux quelconque, de plâtre par exemple, dans lequel on creuse une cavité cylindrique où l'on engage un tube ouvert aux deux bouts. Le tube est fixé au bloc de plâtre par l'une des extrémités

à l'aide de plâtre gâché, tandis que son extrémité libre est mise en relation avec un manomètre à mercure. Si le plâtre est bien sec, l'échauffement du bloc, dans une étuve, dans la flamme d'une lampe à alcool, dans celle d'un bec de gaz ou au-dessus d'un feu clair, détermine la dilatation de l'air intérieur, qui, libre de s'échapper au dehors par les ouvertures des pores superficiels, reste constamment en équilibre de pression avec l'air extérieur, ainsi que le montre le stationnement du mercure dans le manomètre. Les choses ne se passent plus de la même façon lorsqu'il y a eu préalablement imbibition du bloc par l'eau ou par un liquide volatil quelconque; dans ce cas, dès qu'on commence à le chauffer, la dénivellation du mercure accuse un accroissement immédiat de la pression intérieure, et cet accroissement est toujours en rapport avec celui de la température de l'échauffement. Si l'on sépare le manomètre et qu'on plonge dans l'eau l'extrémité libre du tube, l'air, qui afflue sous pression à l'intérieur du bloc de plâtre par tous les pores superficiels, rencontrant, au niveau de l'orifice du tube qui plonge dans l'eau, une résistance qu'on peut toujours rendre inférieure à sa pression, se dégage par cet orifice avec une vitesse qui se règle toujours, elle aussi, sur la marche de l'échauffement. » L'auteur a reproduit devant nous cette dernière expérience avec une simple pipe en terre, dont le fourneau avait été rempli de terre de pipe et dont le tuyau servait de tube de dégagement. Dès que la pipe, préalablement imbibée d'eau, était placée au-dessus de la flamme d'une lampe à alcool, l'extrémité libre de son tuyau plongeant dans un verre d'eau, on voyait se dégager par ce tuyau des bulles de gaz d'autant plus nombreuses et pressées que l'échauffement du fourneau de la pipe était plus considérable. Les mêmes expériences peuvent être faites avec des vases de pile en terre poreuse, dans lesquels on introduit un tube en verre ou en métal, maintenu au centre de l'orifice par du plâtre gâché, la cavité du vase étant conservée libre ou, au contraire, remplie d'une poudre fortement tassée, tous appareils fort simples que M. Merget désigne sous le nom de *dialyseurs*.

« En dehors de toute interprétation théorique, dit M. Merget (*Assoc. pour l'avanc. des sc.*, Congrès de Nantes, p. 359), ce qu'on peut affirmer avec assurance, c'est que les phénomènes de thermodiffusion des corps poreux et pulvérulents humides offrent un exemple très net de transformation de la chaleur en mouvement, car le gaz extérieur qui pénètre dans ces corps se refroidit en les traversant, et c'est la force vive devenue disponible par suite de la transformation calorifique moléculaire que l'on retrouve dans le mouvement de masse du gaz affluant du dehors vers l'intérieur du corps poreux.

« Ces faits jouent un rôle important dans certains phénomènes naturels. Nos vêtements, les pierres de nos maisons, le sol, lorsqu'ils sont tant soit peu échauffés, après humectation préalable, fonctionnent comme des appareils thermodiffuseurs, et cela avec une activité parfois surprenante. Chez les animaux, les phénomènes thermodiffusifs interviennent certainement dans la respiration pulmonaire et trachéenne; mais c'est chez les végétaux surtout que ces phénomènes ont une importance capitale. »

M. Merget considère en effet les animaux et les végétaux, envisagés physiquement, comme des corps poreux humides. En ce qui concerne les végétaux, qui seuls font l'objet de la présente étude, ses expériences, auxquelles il nous a été donné d'assister, confirment pleinement cette manière de voir. Il prend une feuille de *Nelumbium speciosum* fraîchement coupée, adapte à l'extrémité libre de son pétiole, qui est pourvu de larges lacunes, un tube en caoutchouc, qui lui-même com-

munique avec un manomètre à eau, puis il expose le limbe aux rayons du soleil et constate dans le manomètre une dénivellation permanente qui peut s'élever jusqu'à 3 décimètres. Si l'on détache le manomètre et que, le limbe de la feuille étant toujours exposé aux rayons du soleil, on plonge son pétiole dans l'eau, en recouvrant son extrémité sectionnée d'une éprouvette, on voit se produire par la surface de section un dégagement gazeux qui peut s'élever jusqu'à 60 centimètres cubes par minute. Le gaz ainsi dégagé et recueilli dans l'éprouvette est toujours de l'air à peu près pur, avec un très faible excès d'oxygène, provenant de la réduction des traces d'acide carbonique que contient l'air atmosphérique transmis à travers le limbe. Si l'on se reporte à ce que nous avons dit plus haut relativement au rôle des stomates dans les échanges gazeux, on voit que cette expérience fournit un nouvel argument en faveur de l'opinion si inutilement combattue par M. Barthélemy, d'après laquelle l'air s'introduit dans les plantes à travers la cuticule. Il est en effet inadmissible que, dans le cas actuel, une quantité d'air aussi considérable que celle qui est signalée par M. Merget puisse pénétrer dans a plante par simple diffusion à travers la cuticule. En exposant le limbe des feuilles, non plus aux rayons solaires, mais à un feu clair de charbon, M. Merget put obtenir « un litre d'air par minute, c'est-à-dire des centaines et des milliers de fois le volume de la feuille par heure, et cela pendant plusieurs heures sans interruption, quelquefois pendant des journées entières. Pour entretenir la continuité d'un débit aussi considérable, il fallait évidemment qu'il y eût, à chaque instant, rentrée par le limbe d'un volume d'air égal à celui qui sortait par le pétiole, et je me suis assuré que cette rentrée a lieu bien réellement par les stomates, dont l'occlusion entraîne la cessation immédiate de tout dégagement gazeux » (*Compt. rend. Ac. sc.*, 22 déc. 1873).

L'air n'est pas le seul gaz qui diffuse de la sorte; M. Merget a obtenu les mêmes résultats avec l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, l'acide carbonique, l'oxyde de carbone, le protoxyde d'azote.

Les feuilles de *Nuphar*, de *Nymphæa*, de *Limnocharis*, etc., se comportent comme celles du *Nelumbium*, mais avec une activité thermodiffusive moindre, sans doute à cause de la moindre largeur de leurs lacunes.

Ces faits jettent une vive lumière sur les mouvements gazeux qui peuvent se produire dans les végétaux. « Si, m'écrit M. Merget, vous prenez deux feuilles de *Nelumbium*, insérées sur le même rhizome, lequel est largement canalisé, comme les pétioles, et que l'une d'elles soit plus fortement solarisée que l'autre, il y aura circulation aérienne plus ou moins rapide, à travers tout le régime, de la feuille la plus solarisée à l'autre. » L'air, entrant par les stomates dans le limbe de la première, ira sortir par les stomates de la seconde.

M. Merget continue : « S'il s'agit d'une feuille dont le pétiole ne soit pas largement canalisé, quand elle est également échauffée par tous les points de sa surface, l'air extérieur qui a pénétré dans son parenchyme s'y maintient sous pression pendant toute la durée de l'échauffement; dès que la solarisation cesse, la pression se détruit, l'air intérieur sort pour rentrer encore lorsque les radiations solaires se remettent en jeu, et ces alternatives rythmées d'entrée et de sortie, d'aspiration et d'expiration, doivent se succéder à des intervalles très rapprochés dans les conditions normales de la vie végétale, par suite du balancement perpétuel des feuilles, du déplacement des diverses parties, etc. Si tous les points de la surface foliaire ne sont pas également échauffés, il y a rentrée de l'air extérieur par les parties chaudes et sortie par les parties froides, avec

circulation gazeuse très active des premières vers les secondes, dans l'intérieur du limbe. C'est ce qu'on démontre aisément en exposant au soleil une feuille de *Nelumbium*, sur le limbe cupuliforme de laquelle on a placé de l'eau; il se dégage alors, d'une manière continue, au-dessous de ce liquide, des bulles gazeuses très abondantes, qu'on peut recueillir dans une éprouvette, et qui donnent, à l'analyse, de l'air complètement pur. Si l'on opère avec une feuille coupée, il faut avoir soin de boucher hermétiquement la section du pétiole, afin d'empêcher que l'air se dégage par là. »

On peut aussi appliquer ces faits à tout l'ensemble des parties aériennes du végétal, dont la surface est munie d'un grand nombre d'orifices naturels, comme les stomates, ou accidentels, comme les cicatrices des faisceaux des feuilles, les lenticelles, les fissures de toute nature. « Étant admis, dit M. Merget (*Compt. rend. Ac. sc.*, 22 déc. 1873), que, pour toutes les feuilles (et il aurait pu ajouter pour toutes les parties du végétal), l'échauffement met en jeu toutes les forces thermo-diffusives, qui trouvent leurs conditions d'activité dans la structure et dans l'état hygrométrique des tissus; comme cet échauffement, en l'état ordinaire, c'est-à-dire lorsqu'il provient de la chaleur du soleil, est loin de se produire uniformément aux points frappés par les rayons solaires, l'air intérieur, par suite de l'excès de pression qu'il acquiert, se détend sur celui des parties froides, qu'il presse, en le contraignant à s'échapper par les stomates (et les orifices accidentels) des surfaces épidermiques correspondantes, pendant que l'air extérieur afflue par les stomates (et les orifices accidentels) des surfaces solarisées. Il s'établit donc alors un véritable courant circulatoire gazeux des parties vertes qui respirent à celles qui ne respirent pas, avec un double mouvement corrélatif d'aspiration pour les premières et d'expiration pour les secondes. » Dans les plantes aquatiques, l'intensité de cette circulation est rendue plus grande par la présence de vastes lacunes, mais es phénomènes sont au fond les mêmes.

« A un autre point de vue, ajoute M. Merget, les phénomènes thermodynamiques qui résultent, pour les plantes aquatiques, de leur échauffement par les rayons solaires, ont une influence marquée sur l'activité de leur développement végétatif, en déterminant, par les excès de tension intérieure qu'ils produisent, les rhizomes et les racines à s'enfoncer dans le sol avec la force de pénétration qui les caractérise. »

Ce qui prouve bien que tous ces faits sont d'ordre purement physique, c'est que M. Merget reproduit les expériences que nous venons de citer avec des feuilles desséchées jusqu'à devenir cassantes. Il suffit de remouiller le limbe de ces feuilles, en le pressant entre deux linges imbibés d'eau, pour voir se produire, quand on les expose au soleil ou qu'on les chauffe, une circulation gazeuse aussi rapide que si elles étaient fraîches. Il a obtenu encore les mêmes résultats avec des feuilles préalablement injectées au chlorure de calcium, et par conséquent bien réellement mortes.

« Vous remarquerez, m'écrit M. Merget, que la connaissance de la fonction thermodiffusive des végétaux fait disparaître l'antinomie à laquelle on se heurtait, quand on voulait, avec les anciennes idées, se rendre compte des mouvements gazeux qui accompagnent la réduction chlorophyllienne. Si l'on admet, en effet, que l'échauffement d'une feuille détermine l'air confiné à sortir, on ne comprend pas comment l'acide carbonique peut arriver dans le limbe pour y être réduit au moment de la solarisation, tandis qu'il y afflue avec l'air extérieur et circule activement sous l'influence de l'inspiration thermodiffusive. »

L'expérience suivante est d'un haut intérêt au point de vue de la physiologie même des végétaux, et particulièrement de l'activité de la fonction chlorophyllienne. Si, sous l'influence de la lumière, même la plus faible (*Assoc. pour l'avanc. des sc.*, Congrès de Nantes, p. 412), on plonge dans de l'eau chargée d'acide carbonique une feuille aquatico-aérienne dont le pétiole soit largement canalisé, en faisant rendre l'extrémité coupée de son pétiole sous une éprouvette pleine d'eau, cette feuille, malgré les apparences, se trouve dans des conditions irréprochablement normales au point de vue de l'accomplissement possible de la fonction chlorophyllienne. La couche d'air qui lui est adhérente forme, en effet, autour d'elle une atmosphère qui l'empêche d'être mouillée; ce gaz, passant par les orifices des stomates, pénètre dans les méats du parenchyme foliaire et de là dans les cellules chlorophylliennes, où il est réduit sous l'influence de la lumière. L'oxygène provenant de cette réduction, s'engageant dans les voies de sortie où il rencontre le minimum de résistance, parcourt rapidement les canaux du pétiole par la section duquel il se dégage dans l'éprouvette. Certaines feuilles, comme celles du *Nuphar*, peuvent donner au soleil jusqu'à dix centimètres cubes de ce gaz par minute. La production de ce volume d'oxygène suppose la réduction d'un volume égal d'acide carbonique; cela porte à six litres environ la proportion de ce dernier gaz qu'une feuille de *Nuphar* solarisée pendant dix heures par une chaude journée d'été se trouve en état de réduire; et le carbone qu'elle en retire pour la nutrition de ses tissus dépasse le poids relativement énorme de trois grammes. Comme on peut d'ailleurs faire durer le phénomène plusieurs jours de suite, on voit que ces expériences, en permettant d'étudier la fonction chlorophyllienne dans des conditions qui exagèrent remarquablement son activité, sont particulièrement propres à faciliter l'observation de son mécanisme et à montrer comment elle donne naissance à des hydrates de carbone, dont la formation est le point de départ de toute organisation végétale. Il y a là certainement matière à d'intéressantes recherches, et celles que M. Merget a commencées sur ce sujet l'ont déjà conduit à des résultats de nature à éclairer quelques points de l'importante question de la glycogénèse dans les végétaux.

Quand une feuille dont le pétiole est creusé de larges canaux est immergée dans de l'eau chargée d'acide carbonique, le dégagement d'oxygène par la section du pétiole est instantané. On peut conclure de là que l'acide carbonique diffusé dans le limbe s'introduit en conservant l'état gazeux dans l'intérieur des cellules chlorophylliennes dont les parois présenteraient des ouvertures *ad hoc*. Ces mêmes ouvertures livreraient aussi passage à l'oxygène qui les traverserait également à l'état gazeux et se diffuserait à la sortie dans les méats du parenchyme foliaire, pour passer de là dans les grands canaux du pétiole. Ce qui tendrait à prouver la réalité de ce double mouvement gazeux à travers les parois cellulaires, c'est qu'on peut faire momentanément disparaître la fonction chlorophyllienne dans les feuilles, en injectant celles-ci avec de l'eau chargée d'acide carbonique, et la faire disparaître sans affaiblissement sensible après dessiccation.

M. Merget a fait des expériences analogues sur les fruits, et il indique (*Assoc. pour l'avanc. des sc.*, Congrès de Nantes, p. 751), au point de vue de la fonction chlorophyllienne, deux groupes distincts de fruits, les uns pourvus de stomates à travers lesquels pénètre l'air atmosphérique et sort l'oxygène, les autres dépourvus de stomates. L'acide carbonique arrive à ces derniers par des voies diverses, mais le plus ordinairement ils le reçoivent des feuilles qui le leur transmettent par les canaux aérifères des pétioles, des rameaux et des pédoncules. L'oxygène, qui est

mis en liberté sous l'influence de la lumière, reste à l'intérieur des fruits pendant la première période de leur développement, en y déterminant des réactions chimiques qui le fixent; plus tard, il est restitué à l'atmosphère, dans laquelle il s'exhale par les stomates des feuilles, après avoir parcouru en sens inverse le trajet déjà suivi par l'acide carbonique.

Les phénomènes de thermodiffusion exercent encore une action importante sur les mouvements des liquides venant du sol et des matières élaborées dans les feuilles. « Quand l'air extérieur, m'écrit à cet égard M. Merget, pénètre dans les cavités du parenchyme foliaire, comme il y est toujours en pression, cette pression s'exerce inévitablement sur les liquides contenus dans la trame des tissus et les détermine à se mouvoir des lieux de réplétion vers les lieux de déplétion. Vous pouvez vous en assurer par une expérience bien simple. Sur un pied de *Ficus elatisca* tenu à l'ombre, coupez une feuille bien fraîche et maintenez la section du pétiole dans l'eau, jusqu'à ce que l'écoulement du suc laiteux ait cessé complètement. Si vous changez alors cette eau pour la remplacer par de l'eau bien limpide, vous verrez, en exposant le limbe au soleil, l'écoulement recommencer immédiatement, pour cesser encore en revenant à l'ombre, et pour reparaître, à plusieurs reprises, par de nouvelles expositions au soleil. Donc, pendant le jour, et sous l'influence de la chaleur solaire, les matériaux nutritifs élaborés dans les feuilles sont poussés *mécaniquement* de ces organes vers les rameaux et les tiges, où il y a déplétion par suite de la diminution de la tension de l'écorce. Pendant la nuit, au contraire, l'écorce, se remettant en tension, presse les mêmes matériaux des points où la tension est maximum vers ceux où elle est minimum, c'est-à-dire vers les bourgeons terminaux, dont l'accroissement nocturne est plus considérable, en effet, que l'accroissement diurne. »

La thermodiffusion rend compte du fait signalé récemment par M. Vesque (*Ann. sc. nat.*, sér. (?) VI, 89), mais mal interprété par lui, que, lorsqu'on élève la température de l'atmosphère autour des organes aériens d'une plante, il se produit un ralentissement dans l'absorption de l'eau par les racines. Sous l'influence de l'élévation de la température, les gaz pénètrent en effet sous pression dans la plante et exercent sur les liquides intérieurs une pression du haut en bas, dont la conséquence nécessaire doit être la turgescence des cellules des radicules, et par suite le ralentissement de l'absorption radiculaire.

C'est sans doute aussi par les phénomènes de thermodiffusion qu'il faut expliquer l'accélération de la respiration végétale sous l'influence de l'élévation de la température ambiante. Une plus grande quantité d'air s'introduisant alors dans le végétal par les stomates des feuilles et les ouvertures accidentelles de la surface de tous les organes, les diverses cellules reçoivent en un temps donné une plus grande quantité d'oxygène, lui-même soumis à une plus forte pression, et, par suite, les oxydations de toute sorte dont les principes immédiats des cellules sont le siège deviennent beaucoup plus intenses, ainsi que cela se produit chez des animaux placés dans une atmosphère plus riche en oxygène que l'atmosphère normale.

Enfin, nous pouvons trouver dans les phénomènes de thermodiffusion une explication naturelle de la rapidité singulière avec laquelle les plantes croissent dans les pays chauds. Pendant la journée, et sous l'influence de la température très élevée de l'atmosphère, une énorme quantité de gaz s'introduisent dans les tissus, apportant aux cellules, avec excès, l'acide carbonique nécessaire à la fabrication des aliments véritables de la plante, et aussi l'oxygène indispensable à la

respiration. Tous les phénomènes de nutrition sont ainsi activés, et l'accroissement rapide des plantes, sous les climats chauds et humides, n'a plus rien qui doive nous étonner.

La thermodiffusion gazeuse des corps humides signalée par M. Merget est donc un phénomène de la plus haute importance et dont on devra désormais tenir le plus grand compte dans tous les cas où l'on pourra soupçonner son existence.

Comparativement à l'action puissante exercée par les phénomènes de thermodiffusion, les autres causes de la circulation des gaz sont sans contredit bien peu importantes. Il serait utile, cependant, que cette étude fût reprise dans tous ses détails, dans le but de déterminer l'importance relative des diverses causes qui, concurremment, déterminent les mouvement des liquides et des gaz dans les organes des végétaux. Une étude faite avec des vues d'ensemble est d'autant plus nécessaire que chaque phénomène est en relation étroite avec tous les autres phénomènes et que, absorption, circulation, transpiration, nutrition et respiration sont autant de fonctions si étroitement liées entre elles qu'il est presque impossible d'en connaître une convenablement si l'on n'a pas une connaissance exacte de toutes les autres. Dans cet article, nous nous sommes proposé d'exposer les éléments de l'une de ces questions ; sachant que la science est encore à faire en ce qui la concerne, nous avons tenu à réunir ce qui a été publié d'important à cet égard, en nous efforçant d'établir un point de départ fixe pour les progrès ultérieurs de la science. Nous ne pouvions pas, ici, avoir d'autre ambition que celle-là.

J.-L. de Lanessan.

La matière colorante et la matière albuminoïde de l'urine normale

Par MASSON (suite) (1).

I. De l'urine de différents sujets, sans distinction d'âge ni de sexe, à condition de n'être pas de l'urine de diabétique ni d'albuminurique, est reçue, le plus tôt possible après son émission, dans un grand vase de verre muni d'un robinet de même nature, situé à quelques centimètres au-dessus du fond. On l'additionne immédiatement d'un peu d'acide acétique cristallisable pour prévenir la fermentation ammoniacale de l'urine. Après plusieurs jours de repos, le liquide, parfaitement éclairci, coule limpide par le robinet, et le fond ainsi que les parois du vase sont tapissés de croûtes colorées, qu'on enlève avec soin; on les lave avec de très petites quantités d'eau distillée froide; on les sèche et on les met de côté (*urates colorés n° 1*), pour en extraire l'acide conjugué que l'urindol forme avec l'acide urique. La précipitation de ces urates se faisant dans une liqueur acide, ces sels n'entraînent pas avec eux de matière albuminoïde.

Le liquide clair, débarrassé de tout son acide urique et d'une partie des uro-urindates, est traité par une quantité suffisante d'acétate de magnésie et d'ammoniaque pour précipiter tout l'acide phosphorique; le précipité complexe (renfermant Phosphate ammoniaco-magnésien, urindo-phosphate de magnésie, et matière albuminoïde combinée à la magnésie) est complètement rassemblé après douze heures; on décante, on filtre, on lave le précipité à l'eau ammoniacale, à l'eau distillée; on le sèche et on le met de côté pour en extraire l'acide urindo-phosphorique et la matière albuminoïde qui s'est précipitée simultanément.

Le liquide filtré est additionné d'un léger excès d'ammoniaque, s'il ne le possède déjà, et abandonné au repos dans un endroit froid. Après quarante-huit heures, les parois du vase sont tapissées de masses jaunâtres (uro-urindates), qu'on sépare, qu'on lave avec très peu d'eau distillée, qu'on sèche et qu'on met de côté (*urates colorés n° 2*). A l'inverse des premiers, ces urates, ayant pris naissance dans une liqueur alcaline, ont entraîné avec eux une certaine quantité de matière albuminoïde qui en sera extraite.

Le liquide filtré, toujours légèrement ammoniacal, est traité par un excès d'acétate de baryte et abandonné au repos à l'abri de l'acide carbonique de l'air, afin d'éviter la formation de petites quantités de carbonate de baryte. Après vingt-quatre heures, on filtre; le précipité (mélange de sulfate de baryte, d'urindo-sulfate de baryte et de matière albuminoïde combinée) est lavé plusieurs fois à l'eau distillée et mis à part, pour qu'il en soit retiré l'acide urindo-sulfurique et la matière abuminoïde qui s'est précipitée en même temps. Des sels primitifs et normaux de

(1) Voir la *Revue internationale*, 1878, n°s 20, 27, 42, et 1879, n°s 5, 6; dans ce dernier numéro, faire les corrections suivantes :

Page 544,	ligne 26,	*au lieu de :*	séparer l'acide,	*lire :*	séparer l'acide urique
— 545,	— 27,	—	urochroma,	—	urochrome
— 546,	— 23,	—	a séparé en deux parties	—	la sépare en deux parties :
— *id.*,	— 38,	—	croûtes blanchies	—	croûtes blanches.

l'urine, il ne reste plus en ce moment dans la liqueur que les chlorures; or, comme la proportion de ces sels est à elle seule plus grande que celle des urates, sulfates et phosphates réunis, la plus grande partie de la matière colorante et de la matière albuminoïde de l'urine est restée en solution.

C'est de ce liquide, et en se basant sur le fait, que j'ai plusieurs fois signalé, du partage de la matière colorante entre les différents sels, que j'ai pu retirer l'urindol. Pour cela, dans le liquide clair renfermant un excès d'ammoniaque et de baryte, j'ajoute du carbonate d'ammoniaque bien pur tant qu'il se fait un précipité coloré. Si la baryte n'était pas dans le liquide en quantité suffisante, j'ajoute de nouveau de l'acétate de baryte, puis du carbonate d'ammoniaque. Je m'arrête lorsque le précipité de carbonate de baryte, convenablement lavé et dissous dans la plus petite quantité possible d'eau et d'acide acétique, ne donne plus un liquide sensiblement coloré.

Les précipités barytiques réunis et bien lavés à l'eau distillée sont mis à part. On en extraira l'urindol qui y existe combiné à la baryte, ainsi que la matière albuminoïde qui s'est précipitée dans les mêmes circonstances.

Le liquide filtré renferme les chlorures avec les matières colorantes et albuminoïdes combinées, et l'acétate d'ammoniaque qui a pris naissance par le fait des manipulations. Il peut renfermer sans inconvénient un excès d'acétate de baryte, mais il ne doit pas contenir du carbonate d'ammoniaque. Après s'être assuré qu'il est toujours légèrement ammoniacal, on y ajoute de l'acétate de plomb en poudre tant qu'il se fait un précipité. On obtient ainsi un volumineux dépôt jaune (chlorure de plomb et urindo-chlorure de plomb avec la matière albuminoïde combinée), qu'on sépare par le filtre, qu'on lave, qu'on sèche et qu'on conserve pour en retirer l'acide urindo-chlorhydrique et la matière albuminoïde.

Le liquide filtré conserve encore une légère teinte jaune, due à la petite quantité de matière colorante restant en solution, combinée à des traces de chlorure et à l'acétate d'ammoniaque.

Telle est en quelques mots la méthode employée; comme détails d'opération, j'ajouterai que j'opère dans de grandes conserves en verre de vingt-cinq litres placées en contre-bas les unes à côté des autres. Dans la première se précipitent les phosphates, dans la seconde les urates nº 2, dans la troisième les sulfates, dans la quatrième la combinaison barytique d'urindol, enfin dans la dernière les chlorures. Je siphone la plus grande partie du liquide, je filtre les dépôts et conserve chacun d'eux dans des vases où sont réunis les précipités de même nature. Ce mode opératoire me donne une fabrication continue et me permet d'opérer sur une aussi grande quantité de précipité que je le désire, car, desséchées et pulvérisées, les combinaisons triples plombiques se conservent indéfiniment.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences de Paris

Séance du 9 juin 1879.

Vulpian, *Augmentation des matières albuminoïdes dans la salive des albuminuriques.* — L'auteur a constaté que « chez les malades atteints d'albuminurie la salive peut contenir une plus grande quantité de matières albuminoïdes que dans l'état normal. Ce fait, intéressant par rapport aux théories de l'albuminurie, trouve peut-être une explication très simple dans l'infiltration des glandes salivaires par la sérosité de l'œdème. S'il n'en était pas ainsi, il faudrait rechercher si c'est une altération des glandes salivaires, ou une modification des principes albuminoïdes du sang ou des liquides infiltrés, qu'il faut mettre en cause. »

Bacchi, *L'action du phénate de soude chez les grenouilles atteintes d'affection bactériémique.* — L'auteur injecte sous la peau de deux grenouilles quelques gouttes de sang d'une grenouille atteinte de bactériémie ; puis, au bout de deux jours, alors que le sang des deux grenouilles en expérience contient une grande quantité de bactéries, il injecte sous la peau de l'un des animaux en expérience une certaine dose de phénate de soude. Cet animal échappe à la mort, tandis que l'autre ne tarde pas à succomber. Il tire de ses expériences les conclusions suivantes : « 1° La bactériémie, chez la grenouille, s'accompagne toujours d'une altération dans les globules sanguins ; 2° cette altération est en rapport avec la gravité de l'affection et peut varier entre un simple plissement d'une des extrémités du globule et la complète déformation de ces éléments anatomiques ; 3° la bactériémie, au moins chez les grenouilles, peut être combattue avec succès par une injection sous-cutanée d'une très petite dose de phénate de soude ; 4° la dose de phénate de soude nécessaire pour obtenir la guérison de l'affection chez les grenouilles peut être évaluée à environ 4 millièmes de milligramme par gramme du corps de l'animal. »

Quinquaud, *Les lésions hématiques dans la chlorose, l'anémie grave dite progressive et l'anémie des néphrites.* — L'auteur a constaté dans chacune de ces maladies une lésion spéciale du liquide sanguin.

Dans la *chlorose* simple, non compliquée, il y a destruction de l'hémoglobine, qui descend à 54 et à 48 grammes pour 1,000 de sang ; le pouvoir oxydant est de 85 à 80 centimètres cubes d'oxygène, mais le sérum reste normal.

Dans l'*anémie grave*, dite progressive, qui est assez souvent d'origine puerpérale, il y a altération du sérum ; l'hémoglobine descend rapidement dès le début à 78 grammes s'il n'y a pas de pertes sanguines ; s'il y en a, l'hémoglobine peut descendre à 46, 41 et même 35 grammes ou 26 grammes ; toutes les malades ayant présenté ce dernier chiffre ont succombé ; le pouvoir oxydant du sang oscille entre 110 et 120 centimètres cubes ; il descend à 50 et même 40 lorsque la maladie doit être fatale ; le sérum est profondément lésé ; le poids de ses matières solides descend à 80, 63 et même 55 grammes pour 1,000 de sérum.

Dans la *néphrite parenchymateuse*, l'hémoglobine descend à 68 et 65 grammes; le pouvoir oxydant reste à 105 centimètres cubes d'oxygène; les matières solides du sérum restent au-dessous de 63 grammes.

Dans la *néphrite interstitielle*, l'hémoglobine n'arrive guère au-dessous de 78 grammes, le pouvoir oxydant est de 120 à 130 centimètres cubes d'oxygène; les matières solides du sérum sont à 75 grammes au minimum.

Caillot de Poncy et Livon, *Recherches sur la localisation de l'arsenic dans le cerveau.* — Les auteurs rappellent que les recherches de MM. A. Gautier et Scolosuboff ont montré que l'arsenic se condense d'abord dans la substance; ils se sont efforcés de déterminer de quelle façon se produit cette condensation et formulent les conclusions suivantes : « Sous l'influence d'un traitement arsenical, l'acide phosphorique augmente considérablement dans les urines. Ce phosphore, dans les conditions où nous nous sommes placés, ne peut provenir que d'une élimination par substitution et non d'un état pathologique de l'animal, car, dans les affections cérébrales, on a constaté plutôt une diminution de l'acide phosphorique dans les urines qu'une augmentation. L'arsenic semble donc remplacer le phosphore de l'acide phosphoglycérique en produisant un acide arsénioglycérique. La lécithine contiendrait ainsi de l'arsenic à la place de phosphore. Ce résultat ne saurait être certain que lorsque nous aurons isolé cette nouvelle base, comme nous allons essayer de le faire ; mais jusqu'alors nous avons pour confirmer notre hypothèse, la présence plus considérable de l'arsenic dans le cerveau que dans le foie, les os, ce que nous avons constaté par des dosages directs. »

Séance du 16 juin 1879.

Cornil, *Sur la structure des cellules du rein à l'état normal.* — L'examen du rein de divers animaux durcis par l'acide osmique aussitôt après la mort de l'animal a montré à M. Cornil que les cellules sont « composées de deux substances, l'une périphérique, solidifiée sous l'influence de l'acide osmique, l'autre centrale, contenant des granulations et le noyau de la cellule. » Après le durcissement par l'acide osmique, l'auteur traite les coupes par le picro-carminate et les monte dans la glycérine.

Ch. Richet, *De l'action des courants électriques sur le muscle de la pince de l'Ecrevisse.* — L'auteur s'est assuré, en étudiant à l'aide de la méthode graphique la contraction du muscle de la pince de l'écrevisse, que la secousse musculaire n'est pas toujours aussi simple qu'on l'admet lorsqu'on l'étudie sur la grenouille; grâce à la lenteur de la contraction, on peut, chez l'écrevisse, dissocier facilement les différentes périodes du phénomène.

Maupas, *Sur la position systématique des Volvocinées et sur les limites du règne végétal et du règne animal.* — L'auteur rappelle que les Volvocinées, placées par Cohn parmi les Algues, ont été classées plus récemment par M. Stein parmi les infusoires, et que, pour M. Stein, le « vrai critérium pour distinguer un Protozoaire d'un Protophyte est la présence simultanée de cils ou flagellums vibratiles, de vacuoles contractiles et d'un nucléus réunis sur un seul être. Les Protozoaires seuls réuniraient ces trois organes; aucun végétal bien caractérisé ne les posséderait ensemble. » C'est en s'appuyant sur ces caractères que Stein place les Volvocinées parmi les Infusoires. M. Maupas fait d'abord remarquer que les cils ne sont pas rares parmi les cellules végétales, par exemple dans les zoospores des Algues. Quant à la vésicule contractile, elle a été constatée déjà par plusieurs auteurs et

par lui-même dans un certain nombre de zoospores pourvues de cils, par exemple, dans celles des Saprolégninées, des *Cystopus*, des Myxomycètes, etc. Stein nie l'existance d'un nucléus dans les zoospores des Algues, et en cela il est d'accord avec ce qu'admettent actuellement les botanistes, mais M. Maupas déclare avoir constaté un noyau dans des zoospores d'*Œdogonium* et de *Microspora*. Le critérium de Stein subit donc le sort de tous les critériums imaginés jusqu'à ce jour pour séparer d'une façon absolue les animaux des végétaux

Mer, *De l'influence des milieux sur la structure des racines.* — L'auteur ayant fait végéter des racines dans l'eau, dans du terreau ou du sable, plus ou moins arrosés, et dans l'air chargé de vapeur d'eau, a constaté que l'allongement et la forme des radicules n'étaient pas les mêmes dans ces diverses conditions. Il conclut de ses recherches que « les différences qu'on observe dans la structure des racines suivant les milieux semblent devoir être surtout attribuées aux variations d'allongement des racines principales, variations qui peuvent provenir de causes multiples, parmi lesquelles il convient de ranger en première ligne la quantité d'eau mise à la disposition de ces organes. On comprend dès lors la grande influence qu'exerce à cet égard le degré d'hygroscopicité du terrain. »

Séance du 23 juin 1879.

Vulpian, *De l'action des substances toxiques dites « poisons du cœur » sur l'escargot* (Helix pomatia). — L'auteur a expérimenté avec l'Inée (*Strophantus hispidus*), poison qui chez la grenouille arrête énergiquement les contractions cardiaques, et avec la muscarine, qui est également un poison du cœur très puissant. Il a constaté que ces deux substances produisent sur le cœur de l'escargot des phénomènes analogues à ceux qu'elles déterminent sur la grenouille, et que l'antagonisme évident qui existe entre les effets de la muscarine et ceux du sulfate d'atropine chez les Mammifères et chez les Batraciens est très manifeste aussi chez les escargots. « Il est peut-être permis, ajoute M. Vulpian, d'en inférer qu'il y a une certaine analogie entre le mode d'innervation du cœur chez l'escargot et la grenouille et chez les mammifères. » La muscarine ne lui a pas montré d'action sur le cœur de l'escargot.

Société d'Anthropologie

Séance du 19 juin 1879.

Broca, *Expériences sur un jeune magot.* — Ce magot, apporté par son maître, qui lui savait des qualités, mis en présence de l'image d'un magot quelconque non colorié, l'a reconnu immédiatement pour être sa ressemblance. Cela nous paraît assez important, car il en résulterait que les voyageurs qui ont affirmé que certains Australiens et quelques autres sauvages ne savent pas reconnaître leur portrait dessiné ont probablement dû exagérer. Devant un macaque colorié, le même magot s'est mis en devoir de lui témoigner son amitié. Et l'on sait qu'entre singes la marque d'amitié la plus usuelle consiste à se chercher les poux. Devant un buste d'orang colorié et non colorié, il a exprimé tout à la fois de la crainte et de la curiosité, devant un buste d'aï de l'irritation, devant un

miroir, naturellement il s'est admiré, puis il a cherché, en y mettant beaucoup d'attention et de ruse, à saisir par derrière sa propre image.

M. Broca présente ensuite, au nom de M. Falot, de Marseille, deux crânes de négresse et un de métisse et deux cerveaux momifiés. L'un de ces derniers appartient à la négresse métisse. Ce n'est que par une instruction tirée de l'un des résultats de ses propres recherches sur l'anatomie comparée du cerveau que M. Broca a pu le reconnaître.

Chez les primates, l'appareil olfactif, le grand lobe limbique (V. *Rev. d'anthrop.* 1878, et 15 juillet 1879), de moins en moins important, se réduit et perd de son indépendance. Le lobe de l'hypocampe en particulier tend à se fusionner en avant avec le lobe temporal. Chez les singes, cette fusion ne se fait jamais. En arrière, les plis de passage effacent presque la scissure qui établit sa séparation. Mais en avant il subsiste toujours un petit sillon qui s'étend jusqu'à la scissure de Sylvius, le *sillon limbique*. M. Broca a cru longtemps que la présence de ce sillon était caractéristique du cerveau des singes. Mais il l'a observé depuis sur tous les cerveaux de race non caucasique qu'il a pu examiner, et en particulier sur les cerveaux de nègre. Son absence est donc seulement caractéristique des races caucasiques (probablement des races les plus civilisées, dont l'acuité des sens, moins utile, est aussi moindre). Or, sur l'un des deux cerveaux momifiés de M. Falot, ce sillon limbique, réduit, ne s'étend pas jusqu'à la scissure de Sylvius. Il y a donc toute probabilité pour que ce soit lui qui appartienne à la métisse.

A. Pinart. On s'est longtemps demandé comment avaient pu être taillées les fameuses statues en pierre dure de l'île de Pâques. Les populations de cette île ne possédant pas le métal, on se perdait en conjectures diverses, et quelques-uns n'étaient pas éloignés de les regarder comme l'œuvre de quelque peuple mystérieux, de civilisation détruite. M. Pinart, bien connu surtout pour ses voyages dans le nord de l'Amérique, vient de résoudre cette question en apportant et en présentant à la Société les outils mêmes qui ont servi à les tailler. Ce sont des sortes de haches à un ou deux tranchants, en obsidienne terreuse extrêmement dure.

M. Girard de Rialle, revenant sur un point de la discussion antérieure sur les Aryas, expose que M. Piétrement est mal fondé à chercher des renseignements sur ce peuple primitif dans l'*Avesta*. L'*Avesta* est purement iranien. Il est même postérieur à la contexture du masdéisme. Il ne peut donc rien apprendre sur les époques qui ont précédé la séparation des deux branches aryennes.

Séance du 3 juillet.

M. Mathé présente des instruments de pierre de Porto grossièrement façonnés. Ils auraient été emportés par les Caraïbes. Ils offrent, d'après M. Hamy, la plus grande ressemblance avec les instruments d'Haïti et de l'Équateur.

M. Aug. Nicaise présente une brochure sur le cimetière franco-mérovingien de Hancourt (Marne), et une coupe en terre cuite de l'époque du bronze. Il établit par des preuves historiques que la framée n'était pas une lance, comme on l'a cru jusqu'ici, mais une large épée franque.

La coupe en terre cuite a été trouvée en pleine terre, près de Châlons-sur-Marne, au milieu d'une incinération (cendre, charbon, phalange humaine). Elle reproduit exactement sur son front l'ornementation de certaines têtes d'épingles en bronze

bien caractérisées. Elle est donc une preuve de plus, et une preuve importante, contre ceux qui nient l'existence d'un âge du bronze. Combien d'incinérations du même genre, que rien ne décèle extérieurement, resteront en effet à jamais ignorées!

M. Nicaise présente également une mâchoire de cheval de l'époque néolithique trouvée sous des couches de sable en contact avec des haches polies. Des pièces de ce genre sont extrêmement rares. Elle est étroite et a dû appartenir à une petite espèce, comme celle de Solutré et celle des Gaulois.

M. Broca présente le plâtre d'un fœtus exencéphale provenant de la Maternité. Par suite d'une adhérence du placenta avec la tête, le cerveau s'est développé en dehors des os du crâne. Et cependant son plissement est aussi et plus considérable que chez les cerveaux ordinaires. Cela vient complètement à l'appui de la théorie du plissement de MM. Baillarger, Dareste et Broca, contrairement à celle qui consistait à l'attribuer à la compression du crâne. Nous renvoyons pour cette théorie au mémoire de M. Broca sur le grand lobe limbique.

M. le Dr Lebon, préoccupé d'ajouter des preuves nouvelles à celles que l'on possède déjà de la relation de l'intelligence et de la capacité du crâne, a eu l'idée excellente de mesurer une série de crânes d'hommes illustres de la collection de Gall qui se trouvent au Muséum. Le résultat de ces jaugeages est péremptoire. Quelques-uns de ces crânes appartenant à des hommes notoirement médiocres, ont seuls une capacité au-dessous de la moyenne, qui est d'environ 1550 c. c. pour les Parisiens. Voici d'ailleurs la liste des sujets les plus connus de la série, qui est de 42 crânes, et la capacité de ces crânes en centimètres cubes :

1365 c. c. Roquelaure, évêque de Senlis, aumônier de Louis XV, de l'Académie française.
1505 — Alxinger, poète oublié.
1510 — Wurmser, général autrichien battu.
1525 — Juvénal des Ursins.
1660 — Unterberger père, peintre et mécanicien habile.
1690 — Boileau.
1692 — Gall.
1700 — Descartes.
1700 — Thevenin, chimiste éminent.
1715 — De Zach, célèbre astronome et mathématicien.
1725 — Le maréchal Jourdan.
1750 — Jean sans Peur.
1770 — Abbé Gauthier, auteur d'ouvrages pédagogiques estimés.
1790 — Blanchard, aéronaute célèbre.
1850 — Volta.
1950 — Spurzheim.
1950 — La Fontaine.

La discussion qui a suivi cette présentation a mis en relief quelques points intéressants; mais nous aurons l'occasion d'y revenir. Disons en attendant que les opinions exprimées en particulier par M. Broca sur les rapports de la capacité du crâne et de l'intelligence, qui ont paru prévaloir, sont pleinement d'accord avec les conclusions de notre article sur les femmes (*Revue internationale* du 15 avril 1879).

Z.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Physique et chimie biologiques.

W. Fleischmann et P. Vieth. *Zur Butterprüfungsmethode von Hehner*, in *Zeitschrift für analytische Chemie*, p. 287, Heft III-IV.

K. Vierordt, *Die Bestimmung des Indigblaues mittelst der quantitativen Spectralanalyse*, in *Zeitsch. für analytische Chemie*, Heft III-IV, p. 310.

B. Tollens, *Nachtrag zu dem von mir empfohlenen Fettbertimmumgsapparte*, in *Zeitschrift für analytische Chemie*, Heft III-IV, p. 320.

R. Godeffroy, *Studien über die mikroskopischen Reactionserscheinungen der China-Alkaloide*, in *Zeitsch. für analytische Chemie*, Heft III-IV, p. 373.

A. Poehl, *Zum Nachweis von Phenol*, in *Zeitsch. für analytische Chemie*, Heft III-IV, p. 393.

H. Borntroeger, *Einfache und sichere Methode zur Einäscherung der verschiedenen Mehlsorten*, in *Zeitschr. für analytische Chemie*, Heft III-IV, p. 440.

E. Neubauer et E. Borgmann, *Zur quantitativen Bestimmung des Glycerins*, in *Zeitsch. für analytische Chemie*, Heft III-IV, p. 442.

A. Link et R. Möckel, *Ueber die Empfindlichkeit der Reactionem auf Blausäure*, in *Zeitsch. für analytische Chem.*, Heft III-IV, p. 455.

Cailletet, *Prüfung der Citronensäure auf Weinsäure*, in *Zeitsch. für analytische Chem.*, Heft III-IV, p. 499.

David Lindo, *Eine Reaction des Elaterius*, in *Zeitsch. für analytische Chemie*, Heft III-IV, p. 500.

Wiesner, *Nachweisnung der Holzsubstanz*, in *Zeitsch. für analytische Chemie*, Heft III-IV, p 511.

B. Albert Prescott, *Chemical and Microscopical analysis of the Bark of Rhamnus Purshiana* (*Cascara Sagrada*), in *Americ. Journ. of Pharmacy*, 1879, vol. 51, n° 4, p. 165-168.

J.-B. Read, *The Sawe Palmetto* (*Sabal serrula*), in *Americ. Journ. of Pharmacy*, 1879, vol. 51, n° 4, p. 169-171.

Freed. W. Carpenter, *On some Constituents of the Rhizome of Sanguinaria*, in *Americ. Journ. of Pharmacy*, 1879, vol. 51, n° 4, p. 171-174.

David Costelo, *The Resin and Gum of Gamboge*, in *Americ. Journ. of Pharmacy*, 1879, vol. 51, n° 4, p. 174-176.

H. W. Jones, *The Amount of Ash and Soluble Matter in the Sorts of Buchu*, in *Americ. Journ. of Pharmacy*, 1879, vol. 51, n° 4, p. 198-199.

D'Abbadie, *Sur la quantité d'acide nitrique renfermée dans l'eau du Nil avant et après la crue*, in *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1879, n° 22, p. 1117-1119.

Th. du Moncel, *Sur l'origine des sons dans le téléphone*, in *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1879, n° 22, p. 1119-1121.

C. Decharme, *Disposition nouvelle propre à augmenter la sensibilité de la plaque vibrante du téléphone*, in *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1879, n° 22, p. 1132-1133.

Boussingault, *Détermination de la hauteur du mercure dans le baromètre sous l'équateur; amplitude des variations diurnes barométriques à diverses stations dans les Cordillères*, in *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1879, n° 23, p. 1158-1165, et n° 24, p. 1240-1246.

A. Rosenstiehl, *Sur les spectres d'absorption de l'alizarine et de quelques matières colorantes qui en dérivent*, in *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 1879, n° 23, p. 1194-1196.

De Tastes, *Sur le verglas du 22 janvier*, in *Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1879, n° 23, p. 1196-1201.

E. Duviller, *Sur un isomère de l'acide angélique, l'acide diméthylacrylique*, in *Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1879, n° 23, p. 1209.

A. Girard, *Note sur la production de l'hydrocellulose*, in *Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, 1879, n° 25, p. 1322-1324.

Paul Cazeneuve, *Étude critique sur le dosage des phosphates terreux dans l'urine*, in *Journ. de pharm. et de chim.*, 1879, sér. 4, n° 1, p. 19-24.

H. Baillon, *Notice sur l'écorce de Josse*, in *Journ. de pharm. et de chim.*, 1879, sér. 4, n° 1, p. 24-27.

Bruylants, *Recherches sur les essences de romarin, de marjolaine, de lavande et d'aspic*, in *Journ. de pharm. et de chim.*, 1879, sér. 4, n° 1, p. 33-35.

Anthropologie, Ethnologie, linguistique.

M. Much, *Baugen und Ringe. Eine Studie über das Ringgild und seinen Gebrauch bei den Germanen*, in *Mittheilung. der anthropol. Gesellsch. in Wien*, Band IX, n°s 4-6, p. 89-131, avec 1 pl.

Franz Heger, *Aus den Sammlungen der anthropologisch-ethnographischen Abtheilung des K. K. naturhistorischen Hofmuseums in Wien: I, Steingeräthe aus Guadeloupe; II, Nephritäxte aus Neu Caledonien; III, Thongefässe aus Westafrika*, in *Mittheilung. der anthropol. Gesellsch. in Wien*, n°s 4-6, Band IX, p. 132-142, et 3 pl.

Theodor Fuchs, *Ueber die Bedeutung des*

Rigs-Mal, in *Mittheilung. der anthropol. Gesellsch. in Wien*, nos 4-6, Band IX, p. 142-154.

Hermann Rollet, *Tradition der Höhlenbewohnung in einem uralten Gedichte*, in *Mittheilung. der anthropol. Gesellsch. in Wien*, nos 4-6, Band IX, p. 154-155.

Fligier, *Zur Anthropologie der Semiten*, in *Mittheilung. der anthropol. Gesellsch. in Wien*, nos 4-6, Band IX, p. 155-157.

Much, *Die Nubier und ihr etnisches Verhältniss zu Arabern und Negern*, in *Mittheilung. der anthropol. Gesellsch. in Wien*, nos 4-6, Band IX, p. 157-159.

Van den Burg, *Menstruation bei in Indien gebornen europäischen Mädchen*, in *Mittheilung. der anthropol. Gesellsch. in Wien*, nos 4-6, Band IX, p. 159-161.

C. Mehlis, *Studien zur ältesten Geschichte der Rheinlande*, Leipzig, 1879, édit. Duncker et Humblot; prix : 4 marks.

John Beddoe, *On the Bulgarians*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 232-238.

A.-W. Buckland, *Ethnological Hints afforded by the Stimulants in use among Savage and among the Ancient*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 239-253.

John Sanderson, *Polygamous Mariage among the Kafirs of Natal and Countries around*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 254-260.

S.-J. Whitmee, *The Ethnology, of Polynesia*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 261-275.

W.-J. Smith, *On Palæolithic Implements from the Valley of the Lea*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 275-279.

G. M. Atkinson, *On a Scale to find Cranial Indices*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 279-282.

R. Cust, *Report on Anthropological Proceedings at the Oriental Congress held at Florence*, 12-18 septembre 1878, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 286-290.

R.-F. Burton, *Stones and Bones from Egypt and Midian*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, VIII, n° 3, p. 290-319.

G. Busk, *Notes on a Skull termed « Nabathæan »*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 321-323.

Owen, *Observations on the Collection of Skulls sent by Capt. Burton*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 323-324.

A.-L. Lewis, *On the Evils arising from the Use of Historical National Names as Scientific Terms*, in *Journ. of the Anthropol. Instit.*, 1879, VIII, n° 3, p. 325-335.

Congrès des anthropologistes allemands en 1878, in *Matériaux pour l'hist. primit. et nat. de l'homme*, 1879, sér. 2, t. X, p. 49-56.

Gros, *Une nouvelle palafitte de l'époque de la pierre, à Locras, lac de Bienne* (avec 1 planche, figures de 1/2 grandeur), in *Mat. pour l'hist. primit. et nat. de l'homme*, 1879, sér. 2, t. X, p. 57-64.

Paul du Chatellier, *Exploration d'un monument circulaire à Kerbascat et port ancien dans les marais de Pont-Men, en Tréguénec* (Finistère) (Mémoires de la Société d'Emulation de Saint-Brieuc), in *Matériaux pour l'hist. prim. et nat. de l'homme*, 1879, sér. 2, t. X, p. 64-70, avec 2 figures.

A. Mauricet, *L'Isle-aux-Moines, ses monuments mégalithiques*, in *Bullet. de la Soc. polymathique du Morbihan*, in *Mat. pour l'hist. prim. et nat. de l'homme*, 1879, sér. 2, t. X, p. 71-81, et 3 fig.

Carlos Ribeiro, *Notice sur quelques stations et monuments préhistoriques* (*de Portugal*), Lisbonne, 1878, 72 p. in-4°, 21 pl., gravures dans le texte; analyse in *Mat. pour l'histoire prim. et nat. de l'homme*, 1879, sér. 2, t. X, p. 83-85.

Morphologie, structure et physiologie des animaux.

Le Royé, *Traité de taxidermie, ou l'art d'empailler, de monter les oiseaux et les mammifères; suivi de leur préparation pour l'anatomie comparée et du calendrier de la chasse aux papillons*, etc., Paris, 1879, 1 vol. in-8°, 71 p., édit. Renaud, prix 1 fr.

A. Gerstaecker, *Bronn's Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs*, Bd 5, Arthropoda, 25-27 Lief. Leipzig et Heidelberg, 1879. Winter'sche Verlagshandl, prix 4 m. 50 pf.

K. Möbius, *Blicke in das Thierleben des Meeres, Eine Lebensgemeinde oder Biocœnose der Ostsee*, in *Deutsche Revue*, Bd III, Heft V, p. 265-270.

S.-W. Bigelow, *Notiz über den Theilungsvorgang bei Knorpelzellen sowie über den Bau des Hyalinknorpels*, in *Arch. für micr. Anat.*, Bd XVI, Heft III, p. 457-463, avec 1 pl.

Donhoff, *Ueber angeborene Vorstellungen bei den Thieren*, in *Arch. Anat. und Physiol.* (*Physiol. Abth.*), 1878, Heft VI, p. 387-393.

F.-W. Hutton, *On the Structure of Amphibola avellana*, in *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 5e série, III, 1879, p. 181-186, pl. 22.

Kramer, *Neue Acariden*, in *Troschel Arch. für Naturg.*, XLV, 1879, Heft I, p. 1-18, pl. 1-2.

Hensen, *Bemerkungen gegen die Capula terminalis* Lang, in *Arch. Anat. und Physiol.* (*Anat. Abth.*), 1878, Heft VI, p. 486-490, pl. 18, fig. 1-3.

Studer, *Beiträge zur Kenntniss niederer Thiere von Kerguelensland*, in *Troschel Arch. für Naturg.*, XLV, 1879, Heft I, p. 19-34, pl. 3.

Ludw. Lowe, *Zur Kenntniss des Bindegewebes*, in *Anat. und Entwicklungsg.*, 1879, Heft I-II, p. 42-56, avec 1 pl.

Mor. Nusbaum, *Ueber den Bau und die Thätigkeit der Drüsen*; III Abtheil., *Die Fermentbildung in den Drüsen*, in *Arch. f. micr. Anat.*, Bd XVI, Heft III, p. 532-544, avec 1 pl. et 1 gr. sur bois.

Giov. Camestrini, *Sulla produzione dei Sessi*, in *Gazetta med. Ital. Prov. Venete*, Anno 22. n° 16, 15 p.

Osc. Hertwig, *Contributions à l'hist. de la formation, de la fécondation et de la segmentation de l'œuf animal. Extr. in Arch. Zool. experim.*, t. VII, nº 2, notes, p. 1-7.

A.-T. Parker, *Experiments on spontaneous Generation*, in *Proc. Boston Soc. Nat. Hist.*, vol. 20, part. 1, p. 96-105, avec 1 pl.

Eug. Werner, *Ueber Bastardzucht*, in *Deutsche Revue*, Bd III, Heft V, p. 270-274.

Em. Yung, *Contributions à l'histoire de l'influence des milieux physiques sur les êtres vivants.* I, *Influence des différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux*, in *Arch. zool. expérim.*, t. VII, nº 2, p. 251-282.

Th. Eimer, *Ueber das Varüren einiger Thierarten*, in *Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturk.*, Jahrg. 35, p. 48-49.

Xenos Clark, *Animal Music, ist nature and origin.*, in *Americ. Naturalist.*, vol. XIII, Apr., p. 209-223.

John Jos, Murphy. *Habit and Intelligence series of Essays on the Laws of Life and Mind.* London, 1879, in-8°, édit. Macmillan et Cie.

G.-H. Schneider, *Zur Entwicklung der Willensäusserungen im Terreich*, in *Viertel-iahrsschr. für wiss. Philosophie*, Bd III, Heft II, 1879, p. 176-205.

Carlo Emery. *Le Sembianze degli Animali. Prelezione al corso di Zoologia*, etc., Cetta le 25 nov. 1878. Napoli, Detken, 1879, in-8°, 12 p. *Estr. dal Giorn. Internaz. delle Soc. Med. N. Ser.*, Anno. 1.

Maur Girard, *Calalogue raisonné des animaux utiles et nuisibles de la France, destiné particulièrement aux écoles normales primaires*, 2e édit. Paris, 1879, Hachette et Cie, 2 vol. in-8°, 407 p.; prix, 4 fr.

K. Möbius, *Ist das Eozoon ein versteinerter Wurzelfüssler oder ein Mineralgemenge*, Halle, 1879, édit. Gebauer-Schwetschke, in-8°, 31 p., avec 21 gr. sur bois.

J.-H. Carter, *Contributions to our knowledge of the Spongida*, in *Ann. Mag. Nat. Hist.*, vol. III, p. 284-304, avec 3 pl. (11 n. sp.).

Osc. Schmidt, *Die Spongien des Meerbusens von Mexico* (*Reports on the dredings in the gulf of Mexico*). Iena, 1879, édit. Gust. Fischer, Heft I, gr. in-4°, avec 4 pl., 32 p., prix 8 marck.

Theod. Eimer, *Die Medusen physiologisch. u. morphologisch. auf ihr Nervensystem untersucht.* Tübingen, 1879, édit. Laupp, in-4°, avec 31 grav. sur bois et 13 pl. lith., 277 p. (13 bl. VIII), prix 56 m.

W. Salenski, *Zur Entwickelungschichte der Gehörknöchelchen*, in *Zoologisch. Anzeiger*, 1879, nº 28, p. 250-253.

Fr. Knauer, *Körperfärbung bei Reiptilien und Amphibien im Sinne der geschlechtlichen Zuchtwahl*, in *Zoologisch. Anzeiger*, 1879, nº 28, p. 253-256.

Wilh. Haacke, *Ueber das System und den Stammbaum der Corallen-Classe*, in *Zoologisch. Anzeiger*, 1879, nº 28, p. 261-262.

Morphologie, structure et physiologie des végétaux.

H. Bauke. *Einige Bemerkungen über das Prothallium von Salernia natens*, in *Flora*, 1879, nº 14, p. 209-219, avec 1 pl.

W. Nylander, *Addenda nova ad Lichenographiam Europæam*, in *Flora*, 1879, nº 13, p. 201-207, et nº 14, p. 220-224.

K.-A. Henniger, *Ueber Bastarderzeugung im Pflanzenreiche*, in *Flora*, 1879, nº 15, p. 225-233; nº 16, p. 247-254, et nº 17, p. 265-272.

W.-J. Behrens, *Die Nectarien der Blüthen anatomische physiologische Untersuchungen*, in *Flora*, 1879, nº 15, p. 233-240, et nº 16, p. 241-247, avec 2 pl.

Lad. Celakovsky, *Zur Gymnospermie der Coniferen*, in *Flora*, 1879, nº 17, p. 257-264, et nº 18, p. 273-283.

P. Gabriel Strobl, *Flora der Nebroden*, in *Flora*, 1879, nº 18, p. 283-288.

Franz de Höhnel, *Ueber die Ursache der rasche Vermeinderung der Filtrationsfähigkeit von Zweigen für Wasser*, in *Botanische Zeit.*, 1879, nº 19, col. 297-311, et nº 20, col. 313-322.

F. Sestini, *Wirkung der Dämpfe verschiedener Substanzen* (*Chloroform, Essigsäure, Methylalkohol, Æthylalkohol*) *auf keimende Samen*, in *Nuovo Giorn. botan. Italiano*, 1879, vol. XI, nº 2.

H.-F. Hance, *On the sources of the Ch. Matting of commerce*, in *The Journ. of Botany*, avril 1879, nº 196.

D. Cumingham, *On the occurence of conidial fructification in the Mucorini, illustrated by Chænephora*, in *Transactions of the Linn. Soc. of London*, sér. 2, 1, part. 6.

G. Henslow, *On the self fertilisation of plants* (L'autofécondation des plantes), in *Transac. of the Linn. Soc. of London*, ser. 2, 1, part. 6.

W. Detmer, *Physiologische Untersuchungen über den Keimungsprocess*, in *Forschungen auf dem Gebiete der Agricult.*, 1879, Bd II, Heft III.

E.-V. Eckstrand, *Ueber Brutknospenbildung bei den beblätterten Lebermoosen*, in *Botaniska Notiser*, 1879, nº 2.

Emil. Postel, *Der Führer in die Pflanzenwelt*; Langensalza, 1879, gr. in-8.

N. Pedicino, *Degli Sclerenchimi nelle Gesneriaceæ, nelle Cyrtandraceæ, e in qualche altra famiglia*, in *Rend. Accad. di Napoli*, février 1879, 3 S., in-4.

L. Macchiati, *Studien über den Gasaustausch reifender Obstfrüchte an der atmosphärischen Luft*, in *Nuovo Giorn. botan. Italiano*, 1879, XI, nº 2.

Franz Höhnel, *Ueber das häufige Vorkommen von gefässartig zusammenhäugenden. Tracheidensträngen in Coniferenhölzern*, in *Bot. Zeit.*, 1879, nº 21, col. 329-332.

Carl Kraus, *Ursachen der Formänderung, etiolirter Pflanzen*, in *Bot. Zeit.*, 1879, nº 21, col. 332-335.

G. Haberdant, *Entwickelungsgeschichte*

des mechanischen Gewebsystems der Pflanzen, avec 9 pl. lith., Leipzig, 1879, analyse in *Bot. Zeit.*, 1879, nº 21, col. 335-340.

Julius WIESNER, *Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Eine physiologische Monographie*, Wien, 1879, 1 vol. in-4º avec 1 grav. sur bois, in *Denkschriften der matth. naturwissenschaftl. Classe der Kais. Akad. des Wissenschaften*, vol. 39.

D. CLOS, *Des stipules et de leur rôle à l'inflorescence et dans la fleur* (*morphologie comparée et taxinomie*). Toulouse, 1879, in-8º.

J. HANSTEIN, *Das Protoplasma als Träger der Lebensverrichtungen*, in *Sammlung von Vorträg. für d. deutsche Volk.*, Heidelberg, édit. Carl WINTER.

F. G. HEATH, *The Fern World*, London, 1879, part. I, W. Illustr. pl. à col. (Compl. in 12 parts).

F. PEYRITSCH, *Ueber Placentarsprosse*, Wien, 1879, in-8º.

P. POISSON, *Du siège des matières colorées dans la graine*. Paris, 1879, in-8º, 7 p.

F. REINKE, *Untersuchungen über die Quellung einiger vegelalischer Substanzen*. Bonn, 1879, Bd IV, Heft I, in-8º, lib. A. MARAIS.

L.-E. SAYRE, *Conspectus of organic materia medica as pharmac. Botany, compr. the veget. a. anim drugs*. Philadelphia, 1879, in-12º, 323 p.

F. MUSCULUS, *Ueber die Modificationen, welche die Stärke in physikalischer Hinsicht erleidet*, in *Bot. Zeit.*, 1879, nº 22, col. 345-351.

P.-F. REINSCH, *Ein neues Genus er Chroolepideæ*, in *Bot. Zeit.*, 1873, nº 23, col. 361-366.

P. ASCHERSON, *Zu der Bemerkung des Herrn.* G. BECKERS, *Ueber Ranunculus*, in *Bot. Zeit.*, 1879, nº 23, col. 366-367.

Julius SACHS, *Ueber Zellenanordnung und Wachsthum*, in *Arbeiten des bot. Instit. in Wurzburg*, Bd II, Heft II, p. 185-208, avec 1 pl., in *Bot. Zeit.*, 1879, nº 23, col. 370-375.

SOMMAIRE DU Nº 3 DE LA *REVUE MYCOLOGIQUE*

CHRONIQUE. *Apparitions subites d'Helvellacées*, signalées par MM. Duchartre et Mougeot. — *La maladie des châtaigniers*, étudiée par M. J.-E. Planchon. — *Le nouveau genre Eurytheca*, proposé par M. de Seynes. — *Une pezize nouvelle pour notre flore*, découverte par M. le Dr Baillon. — *Les générations alternantes*, M. Cornu. — *Les mycologues lyonnais.* — *Chaire de botanique cryptogamique* à l'École de pharmacie de Paris. — La *Revue mycologique* réunit à son cadre l'étude des lichens, notre appel au bienveillant concours des Lichénologues. C. ROUMEGUÈRE. — *Fungi Gallici Exsiccati.* — Cent. V. — Index et notes. — *La comtesse Elisa Fiorini Mazzanti ;* C. ROUMEGUÈRE. — *Des herborisations cryptogamiques ;* L. MARCHAND. — *Sur le Chœnocarpus Hypotrichoides Lev ;* BAINIER. — *Observations sur la nature des Lichens ;* G. DUTAILLY. — *Deux espèces nouvelles du genre Peronospora ;* PASSERINI. — *Notice sur le Morchella Elata Fr. ;* M. GASTON GÈNEVIER. — *Le Sclerotium du Topinambour ;* M. SAINT-GAL. — *Notes Lichénologiques ;* J. M. CROMBIE. — *Remarques sur les Gonidies ;* W. NYLANGER. — BIBLIOGRAPHIE. — NOUVELLES.

Bureaux de la rédaction : TOULOUSE, 37, rue Riquet.

La *Revue mycologique*, fondée par M. C. ROUMEGUÈRE, est appelée à rendre les plus grands services non seulement aux cryptogamistes, mais encore à tous les botanistes, en leur permettant de se tenir au courant des travaux nouveaux relatifs à l'histoire des champignons et des lichens. La compétence bien connue de son directeur est un sûr garant de la valeur de la *Revue mycologique*, dont le succès ne nous paraît pas douteux.

La *Revue mycologique* paraît tous les trois mois, par livraisons in-8º de trois à quatre feuilles.

ERRATA DU Nº 6, ARTICLE DE M. L. TRIDON

A la 6e ligne de la p. 513, lire *du côté du rouge* au lieu de « *du côté rouge* ».

A la 28e ligne de la même p., supprimer « (*le*) ».

A la 30e ligne de ladite p., ajouter « (*le*) » après ces mots : « *d'altitude* ».

A la 2e ligne de la p. 517, lire (— *7º*) au lieu de « (— *2º*) ».

A la 5e ligne de la même p., lire (— *7º*) au lieu de « (— *2º*) ».

A la 1re ligne de la note 3e de la p. 518, lire *4000 litres d'air* au lieu de « *4000 litres d'eau* ».

Aux 9e et 10e lignes de la p. 530, lire *aux narines* au lieu de « *à la bouche* ».

A la 4e ligne de la p. 531, lire *ses gaz* au lieu de « *ces gaz* ».

A la 24e ligne de la même p., lire *à la bouche* au lieu de « *au nez* ».

2e ANNÉE N° 8. 15 AOUT 1879

REVUE INTERNATIONALE DES SCIENCES

PARAISSANT LE 15 DE CHAQUE MOIS

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN
PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Prix de la livraison : 2 francs.

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

rousse, un corps analogue, d'aspect granuleux, ... vésicule germinative. Carus le compara au noyau vitellin des arai-

(1) WITTICH, *Dissert. sistens observ. quæd. de Aranearum ex ovo evolut.* Halis, 1845.
(2) SIEBOLD, *Lehrbuch der vergl. Anat. der wirbellosen Thiere*, Berlin, 1848.
(3) CARUS, *Zeitschrift für wiss. Zool.*, II, 1850.
(4) LEYDIG, *Lehrbuch der Histologie*, 1857, fig. 271.
(5) CRAMER, *Müller's Arch.*, 1848.

... ligne de la même p., ajouter « (*te*) » après ces mots : « *d'altitude* ».

A la 2e ligne de la p. 517, lire (—*?*°) au lieu de « (— 2°) ».

A la 5e ligne de la même p., lire (—*?*°) au lieu de « (— 2°) ».

A la 1re ligne de la note 3e de la p. 518, lire *4000 litres d'air* au lieu de « *4000 litres d'eau* ».

Aux 9e et 10e lignes de la p. 530, lire *aux narines* au lieu de « *à la bouche* ».

A la 4e ligne de la p. 531, lire *ses gaz* au lieu de « *ces gaz* ».

A la 24e ligne de la même p., lire *à la bouche* au lieu de « *au nez* ».

DE LA VÉSICULE EMBRYOGÈNE ET DE LA PARTHÉNOGENÈSE CHEZ LES ANIMAUX

Par BALBIANI

Professeur au Collège de France.

En 1845, von Wittich (1) signala, le premier, dans l'œuf de certaines araignées, un corps particulier, distinct de la vésicule germinative, ayant la forme d'une capsule à parois épaisses, composées de couches concentriques, et à cavité centrale. Il n'a pas rencontré ce corps dans toutes les espèces, mais il l'a vu persister dans l'œuf pondu.

Siebold (2), en 1848, vit aussi, dans l'œuf de quelques Aranéides, un noyau particulier, arrondi, finement granuleux et solide. Il lui sembla qu'il se détachait successivement de sa surface plusieurs couches de granules qui se mêlaient au vitellus, sans que le noyau diminuât à la suite de cette perte de substance. Siebold pense que ce noyau joue un rôle important dans le développement de l'œuf, car il se montre de très bonne heure et ne disparaît que fort tard.

Telle est aussi l'opinion de V. Carus (3) qui, en 1850, fit des observations plus complètes sur cet élément de l'œuf, qu'il retrouva chez un certain nombre d'araignées. D'après lui, ce sont les parties plastiques du vitellus qui paraissent avoir ce corps pour centre de formation, tandis que les parties nutritives semblent se déposer plutôt autour de la vésicule germinative. Carus appelle ce corpuscule *noyau vitellin* (*Dotterkern*).

Leydig (4), dans son *Traité d'histologie*, en donne une figure dans l'œuf de l'araignée domestique, et reconnaît que la signification de cet élément lui est complètement inconnue.

Vers la même époque où M. de Wittich découvrit cet élément nouveau dans l'œuf des araignées, Cramer (5), puis V. Carus observèrent, dans le vitellus transparent des jeunes œufs ovariens de la grenouille rousse, un corps analogue, d'aspect granuleux, placé à côté de la vésicule germinative. Carus le compara au noyau vitellin des arai-

(1) WITTICH, *Dissert. sistens observ. quæd. de Aranearum ex ovo evolut.* Halis, 1845.
(2) SIEBOLD, *Lehrbuch der vergl. Anat. der wirbellosen Thiere*, Berlin, 1848.
(3) CARUS, *Zeitschrift für wiss. Zool.*, II, 1850.
(4) LEYDIG, *Lehrbuch der Histologie*, 1857, fig. 271.
(5) CRAMER, *Müller's Arch.*, 1848.

gnées et lui attribua aussi la fonction de former à sa surface les granulations vitellines. De son côté, Leuckart (1) put constater que, chez la grenouille, il présente une forme assez variable; mais il ne donna aucun renseignement sur sa signification.

Burmeister (2), en 1856, dit avoir trouvé le noyau vitellin dans les œufs d'un Crustacé phyllopode, le *Brauchipus paludosus*. Gegenbaur (3) en constata aussi la présence dans l'œuf d'un oiseau, le Torcol (*Yunx torquilla*).

C'est à ce petit nombre d'exemples que se bornaient les connaissances des histologistes au sujet du noyau vitellin, lorsque, en 1864, j'entrepris des recherches sur la constitution de l'œuf dans les diverses classes animales. Je fus assez heureux pour retrouver ce corps chez un grand nombre de représentants de presque toutes les classes de Vertébrés et d'Invertébrés (4).

Je constatai ensuite des faits qui me mirent sur la voie de sa signification morphologique et des fonctions qu'il remplit dans les phénomènes ovogéniques et embryogéniques. Mais auparavant nous devons examiner sous quel aspect se présente ce nouvel élément de l'œuf dans les principales espèces animales où sa présence a été constatée jusqu'ici. Nous commencerons par les Arachnides, où il est le plus anciennement connu.

L'araignée domestique (*Tegenaria domestica*) est une des espèces où l'on peut le plus facilement reconnaître le noyau vitellin. Cela tient à une particularité de structure qu'y présente ce corps et qu'on observe aussi chez quelques autres araignées, mais qu'on ne retrouve chez aucun animal des autres classes. Elle consiste dans la présence d'un grand nombre de lamelles concentriques, imbriquées les unes sur les autres, et formant autour du noyau une sorte de capsule solide, dont l'aspect réfringent tranche immédiatement sur le fond pâle du vitellus encore transparent des jeunes ovules. Mais au moment où ce corps commence à être visible dans les plus jeunes œufs, de $0^{mm},025$ à $0^{mm},030$, son aspect est celui d'une petite vésicule homogène et transparente, large de $0^{mm},005$ à $0^{mm},007$, placée entre la vésicule germinative et le point d'insertion du pédoncule de la capsule de l'œuf. Il est d'abord très inférieur en diamètre à la vésicule germinative; mais, comme il s'accroît relativement plus vite que celle-ci, il finit par acquérir un volume presque égal à celui de la vésicule.

(1) Leuckart, art. Zeugung in *R. Wagner's Handwœrterbuch der Physiologie*, IV, 1853.
(2) Burmeister, *Zoonomische Briefe*, II, 1856.
(3) Gegenbaur, *Müller's Arch.*, 1861.
(4) Balbiani, *Sur la constitution du germe dans l'œuf animal avant la fécondation* (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, LXVIII, 1864).

Pour étudier de plus près la structure du noyau vitellin de la Tégénaire domestique, il faut l'isoler au moyen d'une pression ménagée sur l'œuf. Si l'on rompt alors par compression l'enveloppe à couches concentriques, on retrouve dans son intérieur la vésicule primitive, qui s'est plus ou moins accrue. Cette vésicule renferme elle-même une substance pâle et granuleuse, dans laquelle on aperçoit un corpuscule rond faiblement réfringent, situé à son centre ou près de sa surface.

Il serait trop long de décrire toutes les variations que ce corps présente chez les autres Aranéides. Chez plusieurs (*Lycosa*, *Salticus*, *Clubiona*, *Thomisus*), il présente une capsule striée, plus ou moins développée, comme chez la Tégénaire ; chez d'autres, cette capsule est remplacée par une zone de substance homogène ou granuleuse, plus ou moins épaisse, entourant la vésicule centrale (*Agelena*, *Argus*, etc.). Enfin, chez un certain nombre d'espèces, je n'ai constaté aucune trace du corps qui nous occupe, par exemple dans les genres *Pholcus*, *Tetragnatha*, *Lyniphia* et *Epeira* (1).

Je reviendrai plus loin sur la signification des différentes parties du noyau vitellin des araignées. Il me suffira de dire pour le moment que c'est autour de cet élément de l'œuf que se produisent, dans toutes les espèces qui le présentent, les granulations vitellines qui constituent la partie plastique de l'œuf ou le germe. Nous avons vu que cette opinion avait déjà été émise, comme une hypothèse, par MM. de Siebold et V. Carus. J'espère pouvoir en donner la démonstration généralisée, en me fondant sur le rôle physiologique et le mode d'origine du noyau vitellin.

Chez les autres Arachnides, je n'ai constaté la présence de cet élément que dans les œufs d'une espèce indéterminée de *Phalangium*, et quelquefois aussi dans ceux du faucheur commun (*Ph. opilio*). Lubbock l'a figuré, sans le décrire, dans l'œuf du *Chelifer* (2).

Le même observateur a reconnu ce corps dans les œufs d'un certain nombre de Myriapodes (*Lithobius*, *Arthronomalus*, *Glomeris*, *Iulus*), sous forme d'une tache granuleuse irrégulière, ou *patch*, à laquelle il n'a pas attribué une grande importance, tout en reconnaissant que sa présence est si constante qu'il doit avoir une signification. Il le considéra comme une partie épaissie du vitellus, et le compara au corps observé d'abord par Wittich dans l'œuf de l'araignée.

(1) Pour plus de détails sur le noyau vitellin des Araignées, on pourra consulter, outre les auteurs déjà mentionnés : Bertkau, *Ueber den Generationsapparat der Araneiden* (*Archiv für Naturgeschichte*, 1875), et mon *Mémoire sur le développement des Aranéides* (*Ann. des sciences nat.*, 5e série, XVIII, 1875).

(2) Lubbock, *Philos. Transact.*, 1861, pl. XVI, fig. 27.

Chez les Iules et les Géophiles, le noyau vitellin se montre sous la forme d'une vésicule claire, renfermant un noyau assez large, pâle et granuleux, souvent entouré d'un cercle de petits granules brillants. Ces mêmes granules sont parfois répandus en grand nombre dans toute la cavité de la vésicule. Le protoplasma de l'œuf entourant le noyau vitellin se condense, et dans son intérieur se forment des granulations qui se répandent bientôt dans le reste du vitellus et forment, à la périphérie de l'œuf, une couche continue qui constitue le germe.

Parmi les crustacés, le noyau vitellin n'a encore été observé que dans quelques rares espèces. Outre le *Branchipus paludosus*, où nous avons dit qu'il a été vu par Burmeister, Lereboullet (1), et plus récemment Reinchenbach (2) ont décrit et figuré, dans l'œuf en voie de développement de l'écrevisse, un corps central autour duquel rayonnent les pyramides vitellines et qui représente probablement un noyau vitellin.

Mais c'est surtout dans la classe des insectes que ce corps paraît répandu et acquiert, dans certains groupes, sa plus haute signification physiologique. Tels sont notamment les aphidiens ou pucerons, où il tient sous sa dépendance les phénomènes, dits de *parthénogenèse*, que présentent ces animaux. Le noyau vitellin ne manque pas non plus dans les familles voisines des Psyllides, Cicadides, Aleurodes, Coccides, bien qu'il n'ait pas la même importance physiologique que chez les premiers. Enfin je l'ai constaté dans quelques genres d'Hyménoptères Ichneumoniens (*Pimpla*, *Tryphon*, *Ophion*, etc.), où il joue un rôle beaucoup plus subordonné que chez les précédents.

Pour épuiser la liste des invertébrés chez lesquels cet élément de l'œuf a pu être reconnu jusqu'ici, je citerai quelques espèces du genre *Helix* (*H. pomatia*, *aspersa*, *hortensis*), où je l'ai signalé en 1864 (3). Récemment, von Ihering (4) a décrit un corps analogue dans les œufs du *Scrobicularia biperata*. Enfin il n'est pas impossible que le corps à signification inconnue de l'œuf des Najades, dit *corps de Keber*, soit un élément du même genre que ceux dont nous avons signalé la présence chez les animaux précédents.

Si nous passons maintenant aux vertébrés, nous trouvons le noyau vitellin répandu aussi chez un grand nombre d'espèces appartenant à toutes les classes. Presque toujours, il apparaît comme une simple

(1) Lereboullet, *Recherches d'embryologie comparée sur le développement du Brochet, de la Perche et de l'Écrevisse*, 1862, pl. IV, fig. 16.
(2) Reichenbach, *Zeitschrift für wiss. Zool.*, XXIX, 1877, pl. X, fig. 2.
(3) Balbiani, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, LVIII, 1864.
(4) H. von Ihering, *Zeitschr. f. wis. Zool.*, XXIX, 1877.

tache claire, arrondie, plus ou moins large, entourée de granulations vitellines, ou comme une petite masse granuleuse, réfringente, située près de la périphérie de l'œuf. C'est avec ce dernier caractère qu'il se présente chez les poissons osseux, où il ne devient généralement visible que sous l'influence des réactifs, notamment de l'acide acétique. C'est ainsi que j'ai réussi à l'apercevoir chez la carpe, le brochet, la perche, le *Cottus lævigatus*, les différentes espèces de *Pleuronectes*, etc. M. van Bambeke (1) a reconnu aussi dans l'œuf des poissons osseux un noyau distinct de la vésicule germinative, et c'est probablement le même corps que His (2) a figuré dans un œuf de barbeau, bien qu'il n'en parle pas dans son texte.

Les poissons cartilagineux possèdent aussi un noyau vitellin; mais il faut examiner de très jeunes ovules avant que le vitellus soit envahi par les granulations vitellines dont la présence est très gênante et qui masquent souvent d'une manière complète cet élément délicat dans les œufs plus âgés. Je l'ai observé nettement chez la Raie et les Squatine ange.

Chez les batraciens, nous avons déjà dit qu'on le connaissait déjà dans l'œuf de la grenouille rousse, mais seulement sous forme d'un amas granuleux. Cet amas contient une petite vésicule claire nucléée, qui est le noyau. Ce corps n'existe pas dans l'œuf de la grenouille verte. Chez le crapaud, il est très difficile à apercevoir, et c'est surtout par les granulations qui l'entourent qu'on peut le reconnaître, car sa réfringence ne diffère pas sensiblement de celle du milieu dans lequel il est plongé. Je l'ai rencontré quelquefois dans les ovules de l'organe de Bidder ou ovaire rudimentaire qui surmonte le testicule du crapaud mâle.

Les œufs du lézard vert présentent aussi le noyau vitellin, ainsi que l'a vu Eimer (3).

Parmi les oiseaux, M. Coste (4) avait entrevu autrefois et figuré le noyau vitellin dans l'œuf de la poule ; mais il s'était mépris sur sa signification et l'avait pris pour le commencement de la latébra. Cramer (5) l'a vu aussi chez cet animal; quant à moi, je l'ai également

(1) Van Bambeke, *Sur la présence du noyau de Balbiani dans l'œuf des Poissons osseux* (*Bulletin de la Société de médecine de Gand*, 1873) ; voir aussi ma *Note sur la cellule embryogène des Poissons osseux* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, LXXVII, 1873).

(2) His, *Untersuchungen über das Ei and die Eientwickelung bei Knochenfischen*, 1873, pl. II, fig. 1, *d*.

(3) Eimer, *Archiv f. mikrosk. Anatomie*, VIII, 1872.

(4) Coste, *Histoire générale et particulière du développement des corps organisés*, 185, pl. II (Poule), fig. 2, *d*.

(5) Cramer, *Verhandl. d. physiol.-med. Ges. in Würzburg*, 1868.

observé chez la poule, et, de plus, chez le moineau, la cresserelle, le vanneau et d'autres espèces.

Enfin, j'ai découvert le noyau vitellin dans les ovules des mammifères; mais sa recherche est très difficile, parce que sa réfringence est égale à celle du vitellus de l'œuf. Je l'ai vu cependant dans les ovules de la chienne, de la chatte, de l'écureuil, de la vache et de la femme. Il faut examiner de jeunes follicules de Graaff, de 0^{mm},040 à 0^{mm},060, renfermant un ovule de 0^{mm},020 à 0^{mm},030, dont le vitellus est généralement encore homogène et transparent. Le noyau vitellin se présente comme une très petite tache ronde et claire, large de 0^{mm},005 à 0^{mm},008, entourée de granulations qui la font reconnaître. D'ailleurs, il ne faut employer aucun réactif capable de troubler la transparence du vitellus. On doit se borner à faire des coupes minces dans la couche corticale de l'ovaire et examiner ces coupes à l'état frais.

De tout ce que nous venons de voir, il résulte que le noyau vitellin est très commun dans les œufs d'une grande quantité d'espèces prises dans la série animale. M. Milne Edwards (1) a proposé de lui donner le nom de *cellule* ou de *vésicule embryogène*, et c'est ainsi que nous l'appellerons désormais. Il nous reste à étudier sa signification, son origine et son rôle.

La vésicule embryogène est une cellule, comme nous l'avons déjà dit, puisqu'elle est formée d'une masse de protoplasma, avec un noyau et un nucléole. Ces deux derniers éléments ne sont généralement pas difficiles à apercevoir, mais le protoplasma se confond souvent avec celui de l'œuf, parce qu'il possède la même réfringence. Il devient très visible lorsque sa structure est modifiée, comme chez l'araignée. Le noyau se colore en rouge par le carmin, mais très lentement dans l'œuf de l'araignée, à cause des couches condensées qui l'entourent.

La vésicule embryogène naît par bourgeonnement de l'une des cellules épithéliales qui entourent l'œuf dans le follicule de Graaf. En pénétrant dans l'œuf, cette cellule conserve son individualité; son protoplasma ne se fusionne pas avec le vitellus; celui-ci est refoulé par la cellule, qui s'y creuse une cavité et y est comme enchâssée. Quelquefois le canal par lequel a pénétré la vésicule embryogène reste visible pendant quelque temps, comme je l'ai observé chez le *Geophilus electricus* et chez le *Pleuronectes limanda* (voir fig. 137 et 138); le plus souvent, ce canal s'oblitère par le rapprochement de ses parois, et sa lumière devient virtuelle.

(1) MILNE EDWARDS, *Rapport sur les progrès récents des sciences biologiques en France*, 1867.

Krause (1) semble avoir vu le canal dont nous parlons, car il dit avoir remarqué chez la grenouille rousse que le noyau vitellin est d'abord relié par un pédoncule à la membrane vitelline et qu'il s'en sépare ensuite.

Chez les araignées, les œufs font saillie en dehors des tubes ovariques et sont portés par un pédoncule, comme les grains d'une grappe de raisin. La capsule ovarique est formée par une membrane anhiste, et il n'existe de cellules épithéliales que dans le pédoncule qui rattache l'œuf à l'ovaire. Dans les plus jeunes ovules, c'est toujours dans le voisinage du pédoncule qu'apparaît la vésicule embryogène, ainsi que M. de Wittich l'avait déjà remarqué. Plus tard, par suite du développement de l'œuf, il s'opère des déplacements dans le vitellus, qui ont pour effet de transporter la vésicule embryogène dans des points très différents. Mais l'apparition constante de la vésicule auprès du pédoncule démontre bien l'origine épithéliale de cet élément.

Cette origine est encore prouvée par des faits anormaux que j'ai déjà eu occasion de citer. Nous avons parlé, en effet, des observations de Pflüger et de Lindgren sur les ovules de la chatte et de la truie; ces auteurs ont vu des cellules du follicule traverser la zone pellucide et venir se placer entre celle-ci et le vitellus. J'ai constaté aussi la présence de plusieurs cellules épithéliales dans des ovules de chatte; cette pénétration de cellules est l'exagération d'un fait normal.

L'origine épithéliale de la vésicule embryogène en fait un élément analogue à une cellule séminale, qui doit exercer sur l'œuf une action semblable à celle d'un spermatozoïde. On m'objectera que cette cellule n'a ni la forme, ni la structure, ni la motilité des spermatozoïdes ordinaires. Mais nous connaissons un grand nombre d'animaux où ces éléments n'ont pas la forme de filaments et sont dépourvus de mouvements. Ainsi chez presque tous les Crustacés, chez les Myriapodes chilognathes, ce sont des cellules rayonnées et rigides, ou des corpuscules en bâtonnet, également sans mouvements. Chez les vers nématoïdes, les zoospermes sont de petites cellules arrondies, quelquefois nucléées, pourvues ou dépourvues de mouvements amiboïdes. La structure filamenteuse et la motilité ne sont donc pas toujours caractéristiques des corpuscules séminaux.

C'est sous l'influence d'une sorte de fécondation exercée par la cellule embryogène représentant l'élément mâle, que se forme le germe dans l'ovule femelle. On constate, en effet, que c'est toujours autour de cet élément que se déposent les granulations plastiques.

(1) Krause, *Allgemeine Anatomie*, 1876.

Ainsi, chez la grenouille rousse, on voit très bien que la vésicule embryogène est toujours excentrique et placée au milieu du germe à la périphérie de l'ovule, tandis que la vésicule germinative est primitivement au centre.

La cellule embryogène étant un élément mâle primordial, on comprend que, chez certains êtres et dans certains cas, son action ne se bornera pas à déterminer la formation du germe. Elle pourra suffire à déterminer d'une manière plus ou moins complète, soit seulement les premières phases du développement de l'œuf, soit même ce développement tout entier, et produire un animal parfait, ce qui constitue la *parthénogenèse.*

Il y a, en effet, dans la science, des faits qui prouvent que chez plusieurs espèces animales, et même chez les vertébrés, des œufs non fécondés sont aptes à se développer plus ou moins complètement.

Bischoff (1), le premier, a observé la segmentation de l'œuf non fécondé chez la grenouille, la chienne et la truie ; depuis, un grand nombre d'auteurs ont constaté des faits semblables. Hensen (2) a vu chez une lapine, dont l'une des trompes était oblitérée à sa partie inférieure par atrophie de la corne utérine, qu'une centaine d'œufs s'étaient détachés de l'ovaire, comme le prouvaient les corps jaunes, et un grand nombre présentaient un commencement de segmentation.

Agassiz et Burnett ont reconnu des traces évidentes de segmentation dans les œufs non fécondés de certaines morues américaines. Chez la poule, Œllacher (3) a constaté que les œufs non fécondés subissent dans l'oviducte un commencement de segmentation. Mais, chez aucun vertébré, le développement ne va jusqu'à la formation d'un individu parfait.

Il n'en est pas de même chez les invertébrés, où il existe beaucoup d'espèces dont les œufs peuvent se développer sans fécondation. Ce fait a été observé depuis longtemps chez le ver à soie, et tous les sériciculteurs le connaissent. Chez ce bombyx, le nombre des œufs féconds sans accouplement est très variable d'un individu à l'autre. Les pontes parthénogénésiques sont d'ordinaire bien moins abondantes que les pontes normales, et le nombre des œufs qui réussissent à l'éclosion est très restreint. Dans ses expériences, M. Barthélemy (4) n'a vu qu'une seule fois une ponte réussir presque tout

(1) Bischoff, *Annales des sciences naturelles*, 3e série, II, 1844.
(2) Hensen, *Centralblatt f. die med. Wiss.*, 1869.
(3) Œllacher, *Zeitschr. f. wiss. zool.*, XXII, 1872.
(4) Barthélemy, *Annales des sciences naturelles*, 4e série, XII, 1859.

entière. D'ailleurs, la ponte est difficile : au lieu de trois cents à quatre cents œufs, qui est le chiffre ordinaire, elle n'en fournit que quarante ou cinquante, dont un très petit nombre se développent pour donner de petites chenilles, qui ne paraissent pas avoir une grande vitalité ; la plupart des œufs ne traversent pas l'hiver, et l'on trouve le plus grand nombre des larves mortes dans la coque, au printemps.

Pour se rendre compte de ce phénomène, M. Barthélemy a invoqué l'hermaphrodisme de l'œuf, puisque l'animal lui-même n'est jamais hermaphrodite. C'était une vue de l'esprit qui approchait de la vérité. mais sans que son auteur pût l'expliquer.

Chez beaucoup d'autres lépidoptères, il est certain qu'il n'y a qu'un très petit nombre de mâles ; chez les psychides, la parthénogenèse est ordinaire. Parmi les hyménoptères, de nombreuses espèces de *Cinips* n'ont pas de mâles connus. Enfin, on sait que le pasteur allemand Dzierzon a reconnu la parthénogenèse chez l'abeille. Les observations qu'il avait faites comme apiculteur ont été vérifiées par Siebold et Leuckart au point de vue anatomique, et il a pu donner du phénomène une théorie qui était déjà vaguement connue d'Aristote ; la mère ou reine pond à volonté des œufs fécondés ou non fécondés, ceux-ci produisant les mâles ou faux bourdons, ceux-là les femelles ou ouvrières.

Tout le monde sait que, pendant la saison chaude de l'année, les pucerons se reproduisent par viviparité sans le concours du mâle. Chaque jeune devient, en quelques jours, une grosse femelle qui pond à son tour, et ainsi de suite jusqu'à l'automne. A ce moment, la dernière génération produite par parthénogenèse vivipare est sexuée. L'accouplement se fait, puis la ponte, et les œufs passent l'hiver pour éclore au printemps, en donnant naissance à des pucerons vivipares. Bonnet, de Genève, a observé dix pontes vivipares en trois mois. Kyber a conservé des colonies de l'*Aphis rosæ* dans une chambre chauffée, et les a vus continuer à se reproduire pendant quatre années consécutives sans donner naissance à une seule génération sexuée.

Examinons brièvement le processus de la reproduction parthénogénésique chez les pucerons (1).

L'appareil reproducteur du puceron vivipare, qui est toujours femelle, est construit sur le même type que l'ovaire de tous les insectes. Ce sont des faisceaux de tubes plus ou moins nombreux, suivant les espèces, tubes qui contiennent, à la suite les unes des autres, une série de chambres ou loges dans lesquelles se dévelop-

(1) Balbiani, *Annales des sciences naturelles*, 5e série, XI, 1869, et XIV, 1870.

pent, non pas des œufs, chez le puceron, mais des embryons, ou plutôt des œufs qui, très rapidement, se transforment en embryons.

Les loges ou chambres ovigères des insectes sont les équivalents des follicules de l'ovaire des vertébrés. Entre le plus jeune ovule et la masse cellulaire qui forme l'extrémité de chaque tube, il se produit continuellement de nouveaux ovules, d'où il suit que la gaine des tubes ovariques s'allonge toujours. Chaque œuf se développe séparément dans une loge du tube ovarique. Ces tubes sont, chez le puceron, au nombre de quatre à sept de chaque côté.

A l'extrémité de chaque gaine ou tube, il y a une dilatation globuleuse composée d'un amas de petites cellules : c'est la chambre germinative. Au centre se trouve une cellule qui émet continuellement par bourgeonnement, à sa partie postérieure, une série de cellules pédonculées. Chacune de ces cellules pédonculées est un ovule.

A mesure qu'il se développe, cet ovule se met en rapport avec la paroi du tube ovarique, qui est tapissée par un épithélium, et il la refoule pour s'y former une loge destinée à le contenir pendant toutes les phases de son développement embryonnaire. Sous l'influence de ce contact entre l'œuf et l'épithélium, une des cellules épithéliales, située près du pôle postérieur de l'œuf, prolifère et produit un petit amas de cellules, qui fait saillie à l'extérieur de la gaine ovigère. De ces amas de cellules s'élève un bourgeon qui comprime l'ovule toujours croissant, le repousse au point de contact et s'y creuse une petite loge par refoulement.

Ce bourgeon est une vésicule embryogène et l'homologue d'un spermatoblaste de la glande sexuelle mâle. Mais ce spermatoblaste est, comme nous allons le voir, capable d'un développement ultérieur et indépendant.

Dès que ce bourgeon cellulaire ou ce spermatoblaste a touché le vitellus de l'œuf, il agit sur lui comme le ferait un élément mâle. On voit alors, en effet, le blastoderme se former à la surface de l'œuf, et l'embryon se développer. Bientôt le bourgeon épithélial, auquel, en raison de son action fécondante, on peut donner le nom d'*androblaste*, augmente de volume et émet des cellules filles sur toute sa surface. Ces cellules sont identiques aux lobes du spermatoblaste des vertébrés, lobes que nous avons vu également être de véritables cellules produites par bourgeonnement d'une cellule mère épithéliale.

Le pédoncule de l'androblaste se sépare de la gaine ovigère, et la masse androblastique, devenue libre, se place à la face interne de l'abdomen de l'embryon. Cette masse ne joue plus aucun rôle, elle vit et se développe pour son propre compte dans les organes de

l'insecte et persiste même chez l'adulte, où elle forme la substance verte ou jaune qui s'observe chez tous les pucerons.

Ainsi, en résumé, l'œuf, élément femelle, a été fécondé par le bourgeon épithélial, élément mâle, et de cette fécondation est résulté le développement de l'œuf jusqu'à la formation d'un animal parfait. De plus, le bourgeon épithélial a été influencé également par l'élément femelle, et s'est transformé en un véritable spermatoblaste.

Chez les autres espèces animales qui se développent sans le concours du mâle, les choses se passent-elles comme chez les pucerons? L'être nouveau y est-il aussi le résultat de cette *préfécondation* de l'œuf par l'épithélium ovarique? C'est ce qui n'est pas encore établi jusqu'ici. Mais tous ces faits, qui nous semblent échapper aux lois ordinaires, y rentreront certainement un jour, et, comme le dit le grand poète et naturaliste Gœthe, l'exception d'aujourd'hui deviendra la règle demain.

BALBIANI (1).

(1) Extrait de : *Leçons sur la génération des vertébrés;* 1 vol. in-8°, avec 150 fig. et 6 pl.; chez Octave DOIN, édit., Paris, 1879. Une partie de ces leçons ont été publiées par la *Revue internationale des sciences*, 1878.

LA MÉTAPHYSIQUE DE CLAUDE BERNARD

Par Ch. Letourneau.

I

Rien de plus singulier que la philosophie de Claude Bernard : c'est un fond matérialiste, très scientifique, très solide, gauchement revêtu d'une gaze métaphysique. Et quelle gaze ! Nous allons tâcher, par de simples rapprochements, de mettre en relief les curieuses contradictions que commet à chaque instant le chef actuel de la physiologie française. Quant à déterminer à quoi ces contradictions sont imputables, c'est un point que nous ne pouvons ni ne voulons décider.

Une des prétentions de Claude Bernard est de n'être ni spiritualiste ni matérialiste. Matière, esprit : vains mots, abstractions creuses! il n'y a dans le monde que des phénomènes. C'est la banale objection dont chaque jour on nous rebat les oreilles. Mais à quoi tiennent vos phénomènes ? Ce sont, dites-vous, les effets de propriétés naturelles. Bien. Nous tombons d'une abstraction dans une autre. Mais vos propriétés naturelles? Ce sont apparemment des modes, des qualités d'une substance étendue; sans quoi vous en faites des entités abstraites, moins que rien. Mais rassurons-nous ; cette belle déclaration de principes ne tire pas à conséquence. Claude Bernard fait comme tout le monde; pratiquement, il agit comme s'il croyait à la parfaite réalité des corps, et laisse son scepticisme à la porte du laboratoire.

La preuve qu'il croit parfaitement à l'existence de la matière, c'est qu'il raisonne au sujet de ses qualités assez mal, il est vrai; mais qu'importe? Pour lui, la matière est chose inerte, dépourvue de spontanéité. C'est la conception du spiritualisme, et l'on n'y arrive qu'en fermant les yeux pour ne pas voir le monde. La vieille idée de l'inertie matérielle n'est plus bonne qu'à ranger à côté de celle du pur esprit, dans le musée de Cluny de la métaphysique. Astronomes, physiciens et chimistes s'accordent pour nous prouver que l'attraction est inhérente aux éléments matériels, minéraux ou organiques, tout autant que la masse, tout autant que l'impénétrabilité. Il est triste d'entendre un homme de mérite redire, comme un écho, des banalités aussi contraires aux enseignements de la science. Mais passons, et continuons à débrouiller l'écheveau.

Après avoir sauvegardé tellement quellement les bons principes,

en niant la matière et l'esprit, Claude Bernard étudie les corps organisés et raisonne à leur sujet souvent pertinemment.

Au fond, dit-il avec beaucoup de raison, l'étoffe du monde est une. C'est seulement par le mode d'agrégation que l'élément minéral diffère de l'élément organique. Une seule physique, une seule chimie règlent les phénomènes du monde vivant et de celui qui ne l'est plus ou ne l'est pas encore. Les mêmes matériaux chimiques, également irréductibles, se trouvent sous le manteau de la vie et en dehors de lui. Seuls, les modes de groupements varient. Plus de complexité, plus d'instabilité aussi : tels sont les caractères de ces combinaisons organiques, constituant les êtres vivants et auxquels on a donné le nom de *principes immédiats* (albumine, fibrine, etc.). Mais ces principes immédiats eux-mêmes, l'homme pourra certainenemt un jour en *déterminer* scientifiquement la formation; déjà il le peut pour certains. Pourra-t-il maîtriser la vie, provoquer la genèse spontanée d'êtres vivants, créer enfin, non pas en vivifiant l'argile comme Jéhovah, mais créer comme crée le savant, diriger les forces naturelles? Claude Bernard le pense, et nous aussi. Cela se peut déduire de la théorie déterministe qu'il professe, mais sans oser ou sans pouvoir poursuivre jusqu'au bout les conséquences de son *credo* scientifique.

Les faits, les phénomènes du monde sont ordonnés; ils se déduisent les uns des autres, se provoquent par un enchaînement sans fin. Certaines conditions données en engendrent nécessairement certaines autres; elles les *déterminent*, inflexibles et invariables comme le *fatum* antique. Remonter de plus en plus loin cette série indéfinie, en procédant toujours du connu à l'inconnu, puis vérifier, si c'est possible, les observations et les inductions par des expériences, c'est-à-dire par l'arrangement des conditions qui forcément doivent susciter un fait donné, si la loi entrevue ou soupçonnée est réelle : c'est là le but, c'est la marche de la science.

Tout cela est parfaitement conforme à la méthode scientifique, et le seul reproche que l'on puisse faire à ce sujet à Claude Bernard, c'est d'accorder au contrôle expérimental une importance par trop grande, car la science ne s'arrête pas encore là où l'expérience est impossible. Que l'homme puisse ou non imprimer à son gré un mouvement à la série des causes et des effets, cette série n'en existe pas moins. L'observation peut souvent la découvrir et en formuler la loi, car l'observation précède l'expérience, qui est seulement une observation provoquée. Elle existe nécessairement avant elle, passe là où l'expérience s'arrête, lui succède, comme elle l'avait précédée, et va plus loin. Des sciences entières, et, parmi elles, une des plus rigou-

reusement exactes, l'astronomie, ne sont faites que d'observations et néanmoins ne sont nullement métaphysiques, n'en déplaise à M. Caro.

Il n'est pas moins incontestable que, de chaînon en chaînon, de cause en cause, on finit toujours par arriver à une limite infranchissable aujourd'hui, franchissable demain. Au delà de cette limite essentiellement variable, Claude Bernard place une cause, qu'il appelle *sourde*. Cette cause sourde, qui recule lâchement de plus en plus, est, selon M. Caro, la raison d'être de la métaphysique. Cette dernière science (c'est M. Caro qui l'appelle ainsi) commence, paraît-il, avec les ténèbres extérieures. Laissons-lui ce sombre empire, tout en nous efforçant d'en éclairer les frontières, et continuons d'examiner le déterminisme de M. Claude Bernard, qui a de nombreux points de contact avec le matérialisme.

En effet, pour Claude Bernard comme pour nous, rien ne se crée ni ne se perd. La matière est éternelle, et le mot création doit se prendre seulement dans le sens de formation. Pour lui comme pour nous, les mots « force, vie, mort, etc., » ne sont que de pures abstractions sans existence propre; la matière vivante n'est que la matière organique, groupée en utricules, en cellules, en fibres, au sein desquelles circule par endosmose et exosmose un double courant matériel, au sein desquelles s'opère une incessante rénovation, un mouvement d'assimilation, dont l'arrêt durable détermine la dissolution du corpuscule organique, la mort.

Mais ces éléments organisés du moins descendent-ils toujours et nécessairement les uns des autres, ce qui établirait une différence de fait entre ce qui vit et ce qui ne vit point? Nullement. Claude Bernard a vu des globules blancs se former spontanément, sous le microscope, dans une goutte de sérum sucré. Or, puisque les éléments histologiques se forment spontanément dans une solution de principes immédiats, et que, d'autre part, le chimiste peut déjà et pourra de plus en plus former ces principes immédiats dans son laboratoire, aux dépens de la matière minérale, la science doit forcément arriver à créer à son gré des êtres vivants, à *déterminer* des espèces nouvelles. Claude Bernard n'en doute pas, et nous nous rangeons volontiers à son opinion. Mais voilà la métaphysique et l'immatériel bien malades. Rien de plus curieux que les gauches efforts faits par notre physiologiste pour leur sauver la vie.

Après avoir très solidement et très raisonnablement établi qu'il n'y a point de propriétés indépendantes d'un *substratum* matériel, même que toute variation dans le mode d'action des propriétés élémentaires coïncide nécessairement, dans le monde organisé, avec un change-

ment matériel, visible ou non, au sein des tissus vivants, Claude Bernard, sacrifiant la logique, sans plus de souci qu'il n'en prendrait d'une grenouille dévouée à la déesse Vivisection, se lance gauchement dans le jargon métaphysique, et, séparant les propriétés des corps de ces corps eux-mêmes, il en fait sans hésiter des entités directrices. Si nous ne citions, on aurait peine à nous croire :

« La matière organisée, pas plus que la matière minérale, n'engendre les phénomènes dont elle est le siège; elle leur sert seulement de condition morphologique de manifestation. » (*Physiol. gén.*, p. 225.)

« L'intelligence elle-même, dont les phénomènes caractérisent l'expression la plus élevée de la vie, existe en dehors des êtres vivants, dans l'harmonie et dans les lois de l'univers. » (P. 223.)

« La matière, quelle qu'elle soit, est toujours par elle-même dénuée de spontanéité et n'engendre rien; elle ne fait qu'exprimer par ses propriétés l'*idée* de celui qui a créé une machine qui fonctionne. De sorte que la matière organisée du cerveau, qui manifeste des phénomènes de sensibilité et d'intelligence propres à l'être vivant, n'a pas plus conscience de la pensée et des phénomènes qu'elle manifeste que la matière brute d'une machine inerte. » (P. 227.)

« Quand on considère l'évolution d'un être vivant, on voit clairement que l'organisation est la conséquence d'une loi organogénique qui préexiste. Nous savons que l'œuf est la première condition organique de manifestation de cette loi. C'est un centre nutritif, qui, dans un milieu convenable, crée l'organisme. Il y a là, en quelque sorte, des *idées évolutives* et des *idées fonctionnelles* qui se réalisent sous nos yeux. Ces idées sont virtuelles, et les excitants physico-chimiques ne font que les manifester, mais ne les engendrent pas. » (P. 228.)

Pourtant nous trouvons ailleurs (notamment p. 226) que la *vie* et les *fonctions vitales* sont de pures abstractions de langage; qu'il faut toujours, en dernière analyse, en arriver aux propriétés organotrophiques des éléments organisés. Est-ce que l'on n'appelle pas galimatias double toute proposition également inintelligible pour celui qui l'énonce et pour ceux qui l'entendent?

II

Si maintenant nous examinons les idées de Claude Bernard sur la constitution des êtres organisés complexes, sur l'origine de ces êtres, sur le libre arbitre au point de vue déterministe; si nous comparons ces idées aux faits énumérés par l'auteur et qui les détruisent souvent

radicalement, nous trouvons la même ambiguité, le même amalgame de contradictions, qui hurlent de se voir attachées ensemble et dos à dos.

Chez certains êtres organisés inférieurs, les tissus semblent confondus dans une gangue commune : ou bien la fibre musculaire et la cellule nerveuse ne se sont point encore modelées, ou bien elles existent déjà, mais le tissu nerveux sensitif ne se sépare point du tissu nerveux moteur. C'est exactement l'image de la confusion qui paraît régner dans l'esprit de Claude Bernard comme dans son style, où notions positives, fantaisies métaphysiques, méthode sévèrement scientifique et escamotages scolastiques se mêlent, s'engrènent, se heurtent de la plus lamentable façon.

Écoutons d'abord le savant. Tous les organes, dit-il, tous les tissus se peuvent ramener par l'analyse à un groupe d'éléments histologiques, fibres ou cellules, absorbant et exhalant, vivant en un mot au sein d'un milieu liquide.

Chez les êtres complexes, ces éléments sont multiples pour la forme et la fonction, qui ne peut s'en séparer. Pas de mouvement sans cellules ou fibres contractiles; pas de sensibilité sans cellules nerveuses sensibles; pas de faits dits psychiques sans *cellules conscientes*, et la sensibilité consciente n'est ni plus ni moins mystérieuse que la sensibilité inconsciente, de même que ces deux modes de la sensibilité ne diffèrent pas essentiellement de la volonté, etc.

Car tous ces faits sont déterminables, c'est-à-dire se produisent fatalement dans des conditions physico-chimiques données, pour disparaître non moins fatalement avec ces conditions.

Voici un muscle mort et déjà en état de rigidité cadavérique; par une transfusion de sang vivant dans les vaisseaux qui s'y rendent, nous lui restituons la contractilité.

Voici un chien décapité. Prenons cette tête séparée du tronc et faisons passer dans son système vasculaire quelques ondées de sang vivant et oxygéné, aussitôt reparaissent les mouvements, la sensibilité, probablement l'intelligence. La vie et l'âme sont revenues.

Voilà qui est bien. Mais, si les fonctions sont purement la somme des propriétés élémentaires organotrophiques appartenant aux cellules et aux fibres des tissus, l'homme n'est donc, comme le prétendent les grossiers et abominables matérialistes, que le premier des animaux terrestres, et chez lui, aussi bien que chez eux, la vie, les fonctions, les facultés sont rigoureusement asservies aux organes, dont le jeu est lui-même en corrélation absolue avec les milieux aux dépens desquels ils vivent, et alors il nous faut dire un dernier adieu aux entités psychiques, au doux rêve d'une vie future, immortelle;

car la personnalité s'anéantit fatalement, alors que se dissout l'agrégat dont elle était l'expression. Il nous faut aussi dire adieu au libre arbitre. Mais tout cela serait trop horrible pour Claude Bernard, qui, changeant aussitôt de plume et d'encrier, travaille à obscurcir ce qu'il avait éclairci. Il nous a dit ailleurs que l'on pouvait déjà déterminer, c'est-à-dire former, des éléments vivants sans parents; or un certain nombre d'êtres occupant la limite inférieure du règne animal ne sont constitués que par une cellule simple, un élément histologique isolé; on s'attend donc à le voir logiquement en conclure que la génération spontanée, tout impie qu'elle soit, n'est point antiscientifique, d'autant plus que, chez tous les êtres organisés, l'ovule n'est qu'une cellule simple avec noyau et nucléole. Mais point : oubliant les organismes inférieurs, qui seraient trop embarrassants, Claude Bernard considère seulement l'œuf des animaux supérieurs, et aussitôt (que la Providence en soit bénie!) il y découvre une entité qui sauve tout : c'est une idée évolutrice. L'œuf, dit-il, fournit seulement des conditions convenables pour la réalisation d'une *idée créatrice*, laquelle se transmet par hérédité ou tradition organique.

Ne demandons pas à notre trop ingénieux physiologiste où est cette idée, si une idée, c'est-à-dire la notion d'un rapport, peut se trouver ailleurs que dans un groupe de ces cellules nerveuses, qu'il ne craint pas, et avec raison, d'appeler conscientes. Claude Bernard ne nous répondrait sans doute pas; il tâche de se tirer de la difficulté en affirmant que l'œuf est plus qu'une cellule, que c'est un *devenir*, et qu'il serait insensé d'admettre qu'une cellule pût renfermer des propriétés futures (p. 110). Aussi n'en renferme-t-elle pas. Ces propriétés futures appartiendront à d'autres éléments histologiques, futurs aussi et descendus de l'ovule comme une lignée descend de ses ancêtres. C'est le cas de rappeler à Claude Bernard qu'à une autre page il a admis et prouvé que la génération ne diffère pas essentiellement de la nutrition, laquelle est simplement une génération continuée; que, dans le développement embryonnaire, tout comme dans la rénovation successive des fibres et cellules par nutrition simple, il y a analogie ou identité de procédés et d'actes. L'invocation d'entités directrices n'est donc pas plus nécessaire dans le premier cas que dans le second. C'est fatalement et par pur déterminisme que la cellule A engendre par prolifération ou genèse spontanée la cellule B, laquelle sera mère de la cellule C, etc. C'est bien une tradition organique, mais une tradition fatale et inconsciente. Chez les êtres complexes, l'étendue de la série génératrice et la diversité de ses éléments pourraient étonner; mais le merveilleux s'évanouit, si l'on considère les

phases de cette génération dans l'ensemble du monde organique; car, en descendant l'échelle des êtres, on voit la série des créations de tissus s'écourter, se simplifier, se dégrader de plus en plus, de l'homme à la monade et aux infusoires inférieurs, chez qui là multiplication pas scission ne crée plus que des éléments identiques aux parents.

De tous les raisonnements plus ou moins subtils dont Claude Bernard s'est rendu coupable, le moins curieux n'est pas celui qui tâche de faire vivre en bonne intelligence le déterminisme et le libre arbitre.

L'auteur néglige d'abord ce déterminisme naturel, qui. dans tout le monde vivant, enchaîne rigoureusement la fonction à l'organe, et l'énergie de cette fonction à la perfection de cet organe. Ainsi, sans sortir de l'humanité, chaque race typique a une organisation spéciale, par suite des aptitudes diverses. Le nègre ne sent, ne pense ni ne raisonne comme le blanc, et il ne dépend pas de lui de loger dans sa boîte crânienne éthiopique un cerveau caucasien. Notre physiologiste se borne donc à envisager les phénomènes vitaux sur lesquels l'expérimentation a quelque pouvoir, qu'elle peut déterminer; puis, scindant le domaine du libre arbitre, il ne lui laisse que la période directrice et il annexe au déterminisme la période exécutive. C'est là, dit-il, la condition de la liberté, et les dieux eux-mêmes y seraient soumis. Mais la période directrice dépend évidemment de la pensée qui dirige; cette pensée dépend de l'organisation du cerveau qui la crée; or cette organisation n'est que le résultat de l'hérédité, de l'éducation, de l'influence des milieux cosmiques et sociaux, et voilà la distinction anéantie à tout jamais. Oh! que la logique et la netteté des conceptions sont choses précieuses autant que rares! Voir clairement les faits, chercher des voies nouvelles, trouver des expériences ingénieuses : tout cela est beaucoup; mais, pour prendre place au rang des maîtres, il faut plus encore que cela : il faut faire parler hardiment les faits observés, en déduire franchement les lois dont ils sont l'expression, sans ménagement et sans crainte. Ce sont là des conditions absolument nécessaires pour *déterminer* un homme d'un vrai génie. Sans elles, fût-on même un expérimentateur très ingénieux, on ne sort guère de la masse des écrivains obscurs et des professeurs médiocres; sans elles, on ne prend jamais place à côté de ces hommes également grands par le caractère et par le savoir, qui ont osé vaillamment, et des pieds à la tête, déshabiller la Vérité.

Ch. Letourneau (1).

(1) Cet article est extrait d'un volume qui vient de paraître chez C. Reinwald et Cie, éditeur, sous le titre de *Science et matérialisme*, par Ch. Letourneau.

HISTOIRE DES DOCTRINES EMBRYOLOGIQUES

Par Kölliker.

I. — *Période antérieure à C. Fr. Wolff.*

La science du développement date des temps modernes; s'il est vrai, en effet, que l'antiquité elle-même n'a pas été entièrement privée de notions embryologiques, des descriptions plus étendues, plus suivies, n'apparaissent, toutefois, que dans le moyen âge. Mais, tandis que l'anatomie fêtait déjà sa renaissance au XVIe siècle, ce n'est que cent ans plus tard que de meilleures recherches ontogéniques se montrent, et ce n'est qu'à une époque bien plus rapprochée de nous encore que cette branche de nos connaissances a revêtu pour la première fois le caractère d'une science. Si nous voulons établir des périodes dans son histoire, deux seulement peuvent être acceptées, la première allant des premiers essais à la première consécration scientifique par les travaux de Caspar Friedrich Wolff, la seconde de Wolff à nos jours.

En ce qui touche la première période, il n'est venu que peu de chose jusqu'à nous des œuvres de l'antiquité; mais ce que nous en connaissons suffit à témoigner que déjà, chez les Grecs, il y avait une certaine somme de notions ontogéniques qui ont atteint leur apogée avec Aristote. Dans son écrit περὶ ζῶον γενέσεος surtout, mais un peu aussi en d'autres endroits, ce naturaliste, le plus grand des temps anciens, a réuni une foule d'observations délicates sur la génération et le développement des animaux, et beaucoup d'entre elles, après avoir rencontré partout l'incrédulité ou l'oubli, faute aussi de n'avoir pas été comprises, ont dû attendre jusqu'à nous pour reparaître et révéler leur exactitude : ainsi, les observations sur le squale lisse, pourvu d'un placenta, sur la vésicule ombilicale des poulpes, sur la génération des abeilles, le bras fécondateur des céphalopodes et bien d'autres. Et s'il est vrai qu'Aristote, dans son exploration du jeune poulet pendant l'incubation, ne s'est pas avancé très avant, puisqu'il regarde le cœur comme la première partie formée (στίγμη κινουμένη, *punctum saliens* des traducteurs), du moins n'est-il pas douteux qu'il ne soit le premier qui, avec conscience du but, ait entrepris des recherches embryologiques et nous ait légué dans ce domaine ce que l'antiquité a produit de meilleur.

Laissant de côté les autres observations d'intérêt secondaire, nous arrivons immédiatement au moyen âge; la renaissance de l'anatomie appelle une restauration de l'embryologie. L'anatomie, toutefois, marche toujours en tête; les grands anatomistes Vesale, Eustache et Fallope ne donnent rien à l'embryologie, et c'est Fabrice d'Aquapendente (Fabricius ab Aquapendente), professeur à Pavie et élève de Fallope, qui, le premier, se signale à notre reconnaissance, en nous laissant dans ses écrits (1) les premières descriptions complètes et les premiers dessins sur le développement du poulet, des mammifères et de l'homme.

Dans le xviie siècle, il faut citer : A. Spigelius (2), relatif à l'homme et se distinguant par la naïveté des dessins; C. Needham (3); Harvey, qui énonce l'aphorisme : *Omne vivum ex ovo*, et publie (4) des observations sur le poulet et les mammifères, sans arriver toutefois, en ce qui concerne ces derniers, à quelque résultat notable. Regner de Graaf (✝ 1673), au contraire, par son traité de *De Mulierum organis* (5) et par la découverte, dans l'ovaire, du follicule qui porte son nom, par celle de l'œuf du mammifère dans la trompe, exerce une influence durable sur la direction ultérieure des recherches, bien qu'il n'ait pu réellement démontrer l'œuf du mammifère dans l'ovaire, où il a été pourtant bien près de le découvrir. Swammerdam enfin (✝ 1865) donne (6) le développement de l'œuf de grenouille et le premier dessin d'une phase de segmentation du vitellus (tabl. XLVIII). Leuwenhoek exerce une action par sa description des animalcules spermatiques (1690); Vallisneri (7) et Verheyen (8) reprennent l'étude des ovaires dans le même sens que Graaf; Ruysch figure des squelettes d'embryons (9); Kerkring (10) et Clopton Havers (11) donnent des renseignements précieux sur la formation des os. Mais, au-dessus de tous, s'élève Marcellus Malpighi (12); il donne la première histoire suivie du poulet dans l'œuf avec une foule de fines observations et des dessins relativement déjà très bons.

(1) *De Formato fœtu*, 1600; *De formatione fœtu*, 1604.
(2) *De formato fœtu*, 1631 ; traité relatif à l'homme et se distinguant par la naïveté des dessins.
(3) *De formato fœtu*, 1667, avec des figures d'embryon de mammifères.
(4) *Exercitationes de generatione animalium*, 1652.
(5) *In opera omnia*, 1677, chap. XVI.
(6) *Bible de la nature.*
(7) *Erzeugung der Menschen und Thiere*, 1739.
(8) *Anat. corp. hum.*
(9) *Thesaurus anatomicus.*
(10) *Spicilegium anatomicum*, 1670.
(11) *Osteologia nova*, 1692.
(12) *De formatione pulli. — De ovo incubato;* in *Opera omnia*, 1687, tome II.

Le XVIIIe siècle, dans sa première moitié, ne fait rien éclore de bien important dans notre science; les discussions peu récréatives sur la participation des œufs et des filaments spermatiques à la formation première de l'embryon (ovistes et animalculistes), et sur la question de savoir si l'embryon préexiste ou non dans l'œuf (théories de l'évolution et de l'épigenèse), préoccupaient plus les naturalistes que la poursuite des faits eux-mêmes. Aussi nous ne trouvons à citer de cette époque que Nesbitt (1), Albinus (2), et les travaux de Haller, contenus principalement dans sa grande *Physiologie* et dans ses traités sur la formation du cœur et des os (1758). Mais, dans la seconde moitié de ce siècle, émerge un homme auquel l'embryologie ne doit pas seulement toute une série d'observations de détail exactes, mais dont elle a reçu encore sa première base scientifique, de façon que nous sommes entièrement autorisés à dater de lui une ère nouvelle.

Caspar Friedrich Wolff (né à Berlin en 1733, mort à Saint-Pétersbourg en 1794), savant allemand qui, plus tard, se fixa à Saint-Pétersbourg, avait attiré déjà sur lui l'attention de ses contemporains par sa dissertation *Theoria generationis*, Halæ, 1759; et plus tard, par un second mémoire, *De formatione intestinorum* (3), qui, traduit en allemand par Meckel, Halle, 1812, fonda sa gloire pour toujours. Si nous cherchons à caractériser ce qu'il y a de plus saillant dans les services par lui rendus, voici ce qu'il faut avant tout proclamer : Wolff fut un précurseur de la théorie de l'épigenèse, et on lui doit, avant tout, d'avoir enfin renversé la théorie de l'évolution, cette théorie que soutenaient des adversaires aussi redoutables que Haller, Bonnet et Leibniz. De quelle influence cette victoire devait être pour l'embryologie, on le comprendra facilement, si l'on pense qu'il ne pouvait être question de s'attacher à une recherche minutieuse de la première formation des êtres qu'autant qu'on admettait d'abord que l'embryon part de rudiments très simples pour se constituer ensuite graduellement. Mais la théorie de l'évolution ou du développement par le déploiement au dehors de parties préexistantes, barrait dès l'entrée la route à toute investigation embryologique un peu approfondie. Or, maintenant, ce n'est pas seulement au point de vue théorique que Wolff a montré la voie dans laquelle la science devait marcher; il s'y est avancé lui-même par ses travaux, laissant bien loin derrière lui, dans ses recherches sur le développement du poulet,

(1) *Human osteogeny*, 1736.
(2) *Icones ossium fœtus*, 1737.
(3) *De formatione intestinorum*, in *Nov. Comment. Ac. sc., J. Petr.*, XII, 1768; XIII, 1769.

tout ce qui avait été fait auparavant. Indépendamment de nombreuses découvertes importantes relatives à la première ébauche des organes, comme par exemple de ceux qui ont reçu d'après lui le nom de corps de Wolff, ses études sur la formation du canal intestinal sont surtout dignes de mention. Là, il montre comment ce canal, de la forme d'un feuillet plan, passe à celle d'une demi-gouttière; comment celle-ci se ferme ensuite en avant et en arrière et se convertit enfin en un tube ou canal complètement clos et détaché de la vésicule ombilicale; comme encore, en dernier lieu, se constituent les orifices qui le font communiquer au dehors. Par ces recherches de Wolff, on pouvait, pour la première fois, suivre un organe depuis ses premiers rudiments jusqu'à son complet achèvement; et, ce qui est encore plus important, la formation d'un appareil aussi compliqué que l'intestin était ramenée comme première expression à un simple feuillet.

Si fécondes que fussent ces recherches, Wolff exerça encore une influence plus large dans ses considérations théoriques par le point de vue général auquel il sut se placer. Wolff est l'auteur de la découverte des métamorphoses des plantes, et non Göthe, ainsi que ce dernier lui-même le reconnaît, et c'est jeune homme encore, à vingt-six ans, qu'il a soutenu cette doctrine dans sa thèse avec toute l'extension qu'elle comporte. Celui qui avait ramené toutes les parties essentielles de la plante, la tige exceptée, à n'être que des feuilles, devait tout naturellement être porté à l'idée de développer d'une façon analogue la théorie de la génération des animaux. Il constata bientôt cependant que, vu l'extrême diversité des organes chez l'animal, un seul organe primitif, analogue à la feuille, était insuffisant et ne pouvait exister. En poursuivant cette question, il fut frappé de la ressemblance de la première ébauche de l'intestin avec celle du système nerveux, du système vasculaire, de la masse charnue, enfin avec celle du germe entier (1), et il arrive ainsi finalement aux remarques suivantes (2), dans lesquelles toute la théorie moderne de la constitution du corps par plusieurs organes primitifs lamelliformes est contenue en rudiment : « Cette analogie, qui n'est en rien le fruit de l'imagination, mais le résultat de l'observation la plus exacte, cette merveilleuse analogie entre des parties qui, dans la nature, s'éloignent autant les unes des autres, mérite au plus haut point l'attention des physiologistes, car on avancera facilement qu'elle a un sens profond et se tient dans une étroite relation avec la production

(1) *Ueber die Bildung des Darmkanals*, p. 141

(2) *Loc. cit.*, p. 157.

et la nature des animaux. Il semble que les divers systèmes constitutifs de l'animal entier se forment en différentes fois, les unes après les autres, d'après un seul et même type, et qu'ils soient par là semblables, quoique bien distincts par leurs transformations ultérieures. Le système qui est produit le premier, qui acquiert d'abord une forme spéciale et déterminée, est le système nerveux. Celui-ci constitue la masse charnue qui, à proprement parler, détermine l'embryon, se forme d'après le même type. Puis paraît un troisième système, le vasculaire, qui certainement n'est pas tellement différent des autres qu'on n'y puisse facilement reconnaître la forme commune précédemment décrite sous laquelle se montrent les autres systèmes. Puis vient le quatrième, le canal intestinal, de nouveau construit sur le même type et formant comme les trois premiers un appareil bien circonscrit en soi. »

Enfin, on peut encore ajouter, et c'est là un point sur lequel Huxley a appelé le premier l'attention, que Wolff peut aussi être considéré comme le précurseur de Schleiden et de Schwann, en ce qu'il a démontré la composition des animaux et des plantes par des utricules. Mais cette connaissance chez lui n'a exercé encore aucune influence marquée sur ses études embryologiques, si ce n'est qu'il fait dépendre la croissance des organes en partie au moins de ces éléments.

II. — *De Wolff à Schwann.*

Ces théories de Wolff, toutes pleines de génie, demeurèrent longtemps privées de l'action qu'elles eussent pu exercer, le travail le plus important de Wolff sur la formation du tube digestif étant resté si peu connu que même Oken et Kieser l'ignoraient entièrement lors de la publication, en 1806 et en 1810, de leurs recherches sur le développement du canal alimentaire. Dans l'intervalle, la science fit des progrès nombreux et dignes de mention, non sans doute sur les premières phases du développement ni sous le rapport théorique, mais sur des points de détail.

Parmi les nombreux travaux éclos dans le dernier tiers du XVIIIe siècle et dans les vingt premières années du nôtre, voici ceux qui méritent d'être cités : Hunter, *Anatomia uteri humani gravidi*, Londres, 1775, avec d'excellentes figures des enveloppes de l'œuf et de l'utérus gravide; Autenrieth, *Supp. ad histor. embr. humani*, Tubing., 1797; Sommering, *Icones embryon. human.*, Francof., 1799; Senff, *Nonnulla de incremento ossium embryonum*, Halæ, 1801; Oken.

Ueber die Bildung des Darmkanals aus der Vesic. ombilicalis in Oken et Kieser, *Beitr. in vergl. Zool.*, *Zoot. und Phys.*, Bamberg, 1806, mémoire également remarquable au point de vue général; du même, *Ueber die Bedeutung der Schädelknochen*, Iéna, 1807, travail qui fait époque pour l'anatomie comparée, et aussi, en tant que basé sur des faits embryologiques, point de départ de recherches plus suivies sur le développement des vertèbres et du crâne; Kieser, *Der Ursprung des Darmkanals, aus der Ves. umbilicalis darg. im Menschlichen embryo*, Gottingue, 1810; J.-Fr. Meckel, de nombreux mémoires sur l'embryologie dans ses contributions à l'anatomie comparée, 1808-1812, ses mémoires d'anatomie humaine et comparée, 1806, et dans ses *Archives;* Tiedemann, *Bildungsgeschichte des Gehirns*, Landshut, 1816, excellente étude de détail. En outre, durant cette période, les progrès marqués accomplis par la science des monstruosités, tels qu'ils sont réalisés particulièrement dans l'*Anatomie pathologique* de J.-Fr. Meckel, contribuèrent puissamment à la connaissance des processus normaux du développement.

En 1812, le travail de Wolff, sur le canal intestinal, vulgarisé par la traduction qu'en fit Meckel, ne pouvait manquer de susciter les ardeurs de toutes parts. Rien ne prouve mieux la grandeur des recherches de cet auteur et l'exactitude de ses conceptions générales que la circonstance que, cinq ans seulement après, en 1817, notre science reçut de Pander une telle impulsion qu'incontestablement il faudrait dater de lui toute l'embryologie moderne, si par les paroles mêmes de l'auteur, dans sa dissertation, page 17 : « Omnem tamen laudem superant egregiæ Wolffi observationes, » il n'était suffisamment clair que lui aussi procède de Wolff. Et comme c'est précisément la théorie de la composition du germe par des feuillets qui a rendu Pander célèbre, et que cette théorie, nous l'avons vu, est déjà indiquée en germe dans Wolff, nous croyons ne commettre aucune injustice en faisant partir de Wolff cette ère nouvelle de l'embryologie et en représentant Pander comme le premier qui démontra, par l'observation, l'exactitude des vues de ce grand homme, que Baer appelle : « Vir sempiternæ gloriæ, cui ingenio paucos, perseverantia vero in investigandis rebus subtilissimis nullum parem vidit orbis terrarum (1). » D'ailleurs, pour rendre justice à tout le monde, nous dirons encore que Pander fut entraîné à ses recherches par son maître éminent Döllinger et aussi par d'Alton l'aîné, auxquels il eut souvent recours; et que, indépendamment des théories de Wolff, la

(1) *De ovi mammal. genesi*, præfatio.

direction philosophique représentée par Döllinger eut une influence marquée sur la marche de ses travaux.

Les recherches que Pander fit ici, à Wurzbourg, et installa sur une vaste échelle, dont il consigna les résultats dans sa dissertation (1) et dans un travail à part (2), avec d'excellentes planches préparées par d'Alton, ne donnent pas seulement une histoire des toutes premières phases du développement du poulet, plus exacte que tout ce qu'on possédait jusqu'alors; mais elles furent encore et surtout d'une importance capitale, parce que, pour la première fois, les organes initiaux primitifs pressentis par Wolff, les feuillets germinatifs qui sont la base du développement des organes et des systèmes, apparaissent comme fruits de l'observation directe. Pander distingue d'abord dans le germe de l'œuf de poule une unique couche formée de grains cohérents, le feuillet muqueux; sur la face externe de celle-ci, après douze heures d'incubation, naît une couche plus mince et plus transparente, le feuillet séreux, et, entre les deux, à la fin du premier jour, commence à se constituer un troisième feuillet, le vasculaire. Maintenant, bien que Pander considère ces trois feuillets comme le point de départ de tous les organes futurs, il n'a pourtant, à tout prendre, que très brièvement traité de leurs transformations et de leur signification, et leur forme aphoristique eût empêché ses données d'acquérir aussi vite une grande importance, si elles n'avaient trouvé dans V. Baer un promoteur et en partie aussi un représentant qui fût apte à propager, de la façon la plus large, la théorie des feuillets germinatifs. On sait, en effet, que Pander lui-même n'a pas continué plus tard ses études embryologiques, et, bien que son nom revienne encore à plusieurs reprises dans la science, nous n'avons de lui, dans ce domaine de nos connaissances, rien de plus qu'une défense de ses vues contre une critique d'Oken (3), défense qui mérite sans doute une mention, parce que, en beaucoup de points, elle offre une description plus minutieuse que les écrits spéciaux de l'auteur.

Karl Ernst von Baer, ami de jeunesse de Pander, avait suivi avec ce dernier, à Wurzbourg, les leçons de Döllinger et avait été aussi en partie témoin des recherches précitées sur le développement du poulet dans l'œuf soumis à l'incubation (4). Ce fut plus tard, à Königsberg, qu'il reçut les travaux de Pander et qu'il commença, en 1819,

(1) *Hit. metamorphoseos, quam ovum incubatum prioribus quinque diebus subit.* Wirceburgi, 1817.
(2) *Beit. z. Entwicklungsgesch. des Hühnchens im Eie*, Wurzburg, 1877, avec pl.
(3) Voyez *Isis* de 1817 et 1818.
(4) Voy. la préface à l'*Hist. du développement des animaux* et l'*Autobiographie* de Baer.

ses recherches personnelles sur l'œuf de poule. Il les continua jusqu'en 1823, les compléta ensuite dans les années 1826 et 1827, et en publia les résultats, partie, sous formes d'extraits, dans la *Physiologie* de Burdach, partie dans un écrit spécial (1); von Baer avait projeté de publier, dans un second volume, une nouvelle série de recherches sur le poulet et les autres vertébrés. L'impression de ce tome fut commencée dès 1829 et, après une longue interruption, portée en 1834 jusqu'à trente-six feuilles, mais il n'arriva pas à le terminer, de telle sorte qu'on est en grande partie redevable à l'éditeur de la publication, en 1837, de la portion de ce travail qui était prête, comme deuxième partie de l'*Entwicklungsgeschichte*.

Par ces deux ouvrages, V. Baer est entré de la façon la plus éclatante dans la voie tracée par Wolff et Pander. La richesse et l'excellence des faits qui y sont consignés, la profondeur et l'étendue des considérations générales en font inconstestablement ce que la littérature embryologique de tous les temps et de tous les peuples peut offrir de meilleur.

Entrer, comme ils le mériteraient, dans le détail des services rendus par V. Baer, est chose absolument impossible ici, et je me borne à ce qui suit. En ce qui touche les faits, ses travaux d'abord donnent la première investigation complète, poussée jusqu'aux détails, du développement du poulet, et, en second lieu, ils exposent aussi celui des autres vertébrés d'une façon si nouvelle qu'on doit le considérer comme le véritable fondateur de l'embryologie comparée. Enumérer ses découvertes en particulier nous obligerait à prendre tous les systèmes et tous les organes un à un, car son regard pénétrant et sa persévérance mettaient partout à jour du nouveau, et je dois me contenter de mentionner, comme ses conquêtes les plus importantes, la découverte du véritable ovule du mammifère (2) de la corde dorsale, du développement de l'amnios et de l'enveloppe séreuse. Excellant à l'observation, Baer ne fut pas moins grand dans ses réflexions, et je donne, dans les lignes suivantes, une rapide esquisse de ses vues théoriques.

Pour V. Baer, le germe est au début d'une nature différente, il est vrai, sur ses deux faces, lisse sur l'externe, granuleux sur l'interne, mais non pourtant subdivisible en couches et spécialement sans différenciation à l'intérieur. Plus tard seulement s'accuse une séparation en deux couches : animale et végétative, de la façon suivante. Les

(1) *Ueber Entwicklungsgeschichte der Thiere, Beobachtung und Reflexion*, 1er vol. Königsberg. 1828.

(2) *De ovi mammal. et hominis genesi.* Leipsig, 1827.

deux faces du germe se différencient d'abord, après quoi le milieu resté à l'origine indifférent se divise à son tour en une lame supérieure et une inférieure, de telle façon que chacune des deux grandes fractions de la division se compose de deux feuillets : l'animale, du feuillet cutané et du feuillet musculaire ; la végétative, du feuillet vasculaire et du feuillet muqueux. De ces feuillets se développent alors, en seconde ligne, ce que V. Baer nomme organes fondamentaux (1), lesquels ont pour lui la forme de tubes. Ainsi le feuillet cutané produit le *tube cutané* et le *tube du système nerveux central ;* sans avoir suivi ce dernier depuis sa première apparition, V. Baer admet pourtant sur de bonnes raisons et d'une façon très remarquable qu'il dérive des parties moyennes du feuillet cutané (2). Du feuillet musculaire naît le double tube du système osseux et du système musculaire avec l'axe osseux impair et médian; les feuillets vasculaire et muqueux, enfin, forment réunis le tube intestinal, et le premier seul, le tube mésentérique, dont les parois, cependant, se soudent plus tard l'une à l'autre. De ce petit nombre de tubes fondamentaux procèdent alors directement, par changements histologiques et différenciations morphologiques dans la forme extérieure, tous les organes qui doivent ultérieurement composer le corps, et, dans ce second ordre de phénomènes, nous devons faire mention particulièrement que V. Baer fait dériver les organes des sens du tube nerveux ; les glandes salivaires, le foie, le pancréas, les poumons du tube intestinal ; le cœur, qui est donné comme analogue du mésentère, les capsules surrénales, la glande thyroïde, le thymus, la rate, les corps de Wolff, les reins véritables et les glandes génitales, du moins dans les oiseaux, du feuillet vasculaire.

Si l'on ajoute encore à cela que cette description si simple du plan de développement des animaux supérieurs, V. Baer l'appuie d'une excellente analyse montrant la conformité de l'organisation de l'adulte à cet ordre et de figures schématiques très claires, on comprendra aisément qu'elle ait presque aussitôt conquis les suffrages et la reconnaissance de tous les naturalistes.

Dans le fait, V. Baer avait pour ainsi dire réalisé tout ce qu'il était possible de conquérir à la science dans l'état où elle se trouvait et avec les moyens disponibles. Ce qui manquait à ses travaux, c'était de ramener les feuillets germinatifs et les organes fondamentaux jusqu'aux éléments histologiques; en d'autres termes, c'était d'établir

(1) Vol. I, scholie III, p. 153, et scholie IV, p. 160 ; vol. II, p. 67 et suivantes.
(2) Vol. I, p. 154, 165, 166 ; vol. II, p. 68, remarque.

leur connexion avec les éléments organiques primitifs ou avec la cellule-œuf; c'était de montrer leur développement graduel aux dépens de ces éléments par différenciation histologique. Mais cette démonstration, cela va de soi, ne pouvait être tentée qu'après la découverte, par Schwann, en 1838, de la composition du corps animal par des éléments ayant valeur de simples cellules, et c'est bien, en effet, de cette époque que date la dernière extension de notre science. Toutefois, avant d'en arriver à cette ère nouvelle, nous avons encore à mentionner rapidement les autres progrès accomplis dans l'intervalle qui s'étend entre Pander et Schwann.

A la même époque, en effet, où Pander et V. Baer instituaient leurs recherches, un grand nombre d'autres naturalistes cultivaient simultanément le domaine de l'embryologie. De leurs travaux nous ne pouvons citer que ceux qui ont exercé une influence sur la marche générale de la science ou de ses branches importantes, ou ceux qui concernent plus particulièrement l'homme. Une grande importance s'attache avant tout aux recherches qui conduisirent à une connaissance plus intime de l'œuf. En 1825, Purkinje démontra la vésicule germinative dans l'œuf de l'oiseau (1), et, deux ans plus tard, comme nous l'avons déjà indiqué, V. Baer fit l'éclatante découverte de l'ovule du mammifère et de l'homme dans le follicule de Graaf, de cet ovule que déjà d'ailleurs, dans le xviie siècle Regner de Graaf, dans le xviiie Cruikshank, et immédiatement avant V. Baer, dans la vingtième année du xixe, Prévost et Dumas avaient rencontré dans l'oviducte. Bien que V. Baer n'ait que vaguement reconnu la vésicule germinative de l'œuf du mammifère (2), et qu'il n'ait pas été heureux dans la comparaison qu'il fit de cet œuf et de celui d'oiseau, il n'en est pas moins vrai que sa découverte marque le commencement d'une nouvelle période pour l'histoire du développement des mammifères. Ces résultats furent ensuite complétés par une démonstration plus précise de la vésicule germinative des mammifères par Coste (3), et un peu plus tard aussi, d'une façon indépendante, par Wharton Jones, et par la découverte de la tache germinative par R. Wagner (4).

En seconde ligne, nous devons encore signaler comme importantes, dans cette même époque, les recherches tentées sur le pre-

(1) *Symbolæ ad ovi avium historiam,* 1825. Voyez le Commentaire de son *Epistola de ov genesi,* dans le journal d'Heusinger, II, p. 125.

(2) *Recherches sur la génération des mammifères,* par Delpech et Coste.

(3) *London and Edimb. philos. magaz.*, sér. 3, t. VII (1835).

(4) *Müll. Arch.*, 1835; *Münchner Denschr.*, II; *Prodromus historiæ generationis,* Leip., 1836.

mier développement des mammifères, puis celles portant sur les jeunes embryons humains et sur le placenta. Prévost et Dumas (1) et V. Baer (2) nous fournirent les premières notions sur les rudiments les plus précoces de l'embryon de mammifère, sur la vésicule blastodermique et le germe (aire embryonnaire), notions qui furent ensuite portées plus loin par Coste (3), observateur qui, le premier aussi, distingua nettement la vésicule blastodermique. Les embryons humains et les enveloppes de l'œuf furent à cette époque l'objet de nombreuses études, et je me borne à citer les travaux plus considérables de Pockels (4), Seiler (5), Breschet (6), Velpeau (7), Bischoff (8), dans le voisinage desquels prennent place une foule de mémoires moins étendus de E. H. Weber, Joh. Müller, R. Wagner, V. Baer, Wharton Jones, Allen Thomson, Eschricht et autres.

L'embryologie comparée, dans la période comprise entre Pander et Schwann, fut cultivée avec beaucoup de zèle, indépendamment de V. Baer, par nombre d'autres observateurs; mais aucun ne sut comme lui mettre si bien en relief l'importance générale de cette science. Parmi les progrès ainsi réalisés, on peut citer comme les plus marquants la découverte de la segmentation faite à nouveau dans l'œuf de la grenouille par Prévost et Dumas (9), la constatation du même fait dans l'œuf des poissons par Rusconi (10), les études ultérieures sur cet important phénomène des mêmes observateurs et de V. Baer (11); ensuite, les travaux sur le développement du squelette par Dugès (12), par Rathke (13) par Reichert (14); en troisième lieu, enfin les recherches sur la formation des organes génitaux et des glandes, par Rathke (15), par Meckels (16) et J. Müller (17).

(1) *Ann. des sc. natur.*, tome III, 1824.
(2) *De ovi genesi*, 1827.
(3) *Loc. cit.* et *Embryologie comparée*. Paris, 1837.
(4) *Isis*, 1825.
(5) *Die Gebärmutter und das ei des Menschein*. Dresden, 1831.
(6) *Etudes anatomiques sur l'œuf humain*. Paris, 1832.
(7) *Embryologie ou orologie humaine*. Paris, 1833.
(8) *Beitr. z. Lehre von den Eihüllen des menschlichen Fötus*. Bonn, 1834.
(9) *Ann. des sc. nat.*, tome II.
(10) *Müll. Archiv.*, 1836.
(11) *Müll. Archiv.*, 1834.
(12) *Ostéologie et myologie des batraciens*, 1834.
(13) *Isis*, 1825 et 1827, *Ueber den Kimenapparat und das Zungenbein*, Riga, 1832. — *Ueber die Entwicklung des Schadels der Wirbelthiere*, in 4e. *Bericht des natur wiss. Seminars in Kônisberg*, 1839.
(14) *Vergl. Entwickl. des Kopfes der nackten Amphibien*. Könisberg, 1838.
(15) *Beiträgen z. Gesch. d. Thierwelt*, 3e part. Halle, 1825.
(16) *Archiv.* 1832, et *Abh. z. Bildungs-und Entwicklungsgesch.*, t. I, Leipzig, 1832.
(17) *Meckel's Archiv.*, 1829, *Bildungs-geschichte der Genitalien Dusseldorf*, 1830, et *De glandularum secern structuræ penitiori*. Lepsiæ, 1830.

Il nous reste enfin à mentionner les traités généraux sur le développement qui apparaissent pour la première fois à cette époque. Ce sont le manuel (1) fait avec beaucoup de soin et sur les données de nombreuses observations personnelles, puis les articles relatifs à l'embryologie par E. H. Weber (dans l'*Anatomie* d'Hildebrandt), par R. Wagner (2) et Burdach (3).

III. — *De Schwann à nos jours.*

Si multiples qu'aient été en somme les progrès réalisés par les travaux cités à la fin du paragraphe précédent et par beaucoup d'autres qui n'ont pu y trouver place, toujours est-il qu'on n'en saurait trouver un dans le nombre qui, au point de vue de son importance générale, pût être comparé, même de loin, avec l'œuvre de V. Baer, et eût été apte à faire avancer l'embryologie au delà du point où l'avaient amenée Pander et V. Baer. Rien n'atteste mieux l'importance des travaux de V. Baer en particulier que cette circonstance qu'il ne fallut rien moins que la révolution générale produite par Schwann dans le domaine entier des sciences anatomiques, pour faire entrer l'embryologie elle aussi dans une nouvelle phase. Mais après la découverte de la composition élémentaire des animaux, qui fut basée par Schwann avant tout sur les tissus embryonnaires, les observateurs virent un nouvel horizon s'ouvrir pour l'embryologie : c'était d'étudier en premier lieu la composition histologique des feuillets germinatifs de Pander et Baer, et de suivre leur dérivation de la cellule de l'œuf primitif; puis de rattacher leur participation à la formation des organes aux fonctions accomplies par leurs éléments morphologiques. Aussi constatons-nous qu'à partir de 1839 la plupart des observateurs s'efforcent, plus ou moins sciemment et résolument, à pénétrer dans cette voie, d'ailleurs si scabreuse. Pour nous faire une idée exacte des nombreux travaux éclos durant cette dernière période, il sera utile de séparer ceux qui ont eu une importance générale des autres, qui ne donnent que de nouveaux faits.

Au premier point de vue, deux questions surtout préoccupent les naturalistes : d'abord, la première formation des éléments histologiques de l'embryon et leurs rapports à ceux de l'organisme

(1) *Handbuch der Entwicklungsgeschichte der Menschens de Valentin.* Berlin, 1835.
(2) *Physiologie*, 1re édition.
(3) *Physiologie*, 2e édition, vol. II.

adulte; en second lieu, les feuillets blastodermiques et leurs transformations.

Le fractionnement du vitellus fut tout d'abord le thème principal. Abstraction faite d'une foule d'observations signalant la grande extension de ce phénomène, on ne tarda pas à en reconnaître les points importants. C. Th. V. Siebold fut le premier qui découvrit dans les segments vitellins (sphère de segmentation des Nématoïdes une vésicule claire (1) dont son élève Bagge (2) fit voir que la division en deux précédait toujours les sphères de segmentation. Je confirmai ces observations et les étendis en démontrant que ces vésicules, que j'appelai d'abord, pour des raisons inutiles à reproduire ici, cellules embryonnaires (3), et que je connus plus tard être des noyaux ordinaires (4) contenaient encore un corpuscule analogue au nucléode et que Rathke avait déjà vu avant moi (5).

Puis j'émis, tant pour la segmentation totale que pour la segmentation partielle, que le premier je ramenai à ses principes chez les Céphalopodes, la théorie que ce phénomène n'est qu'un mode de division cellulaire, interprétation qui rencontra l'acceptation générale.

En même temps qu'on cherchait à pénétrer la nature intime de la segmentation, la question de son rôle pour la constitution de l'embryon et des éléments de celui-ci était aussi soulevée. Bischoff (œuf du lapin) et plus nettement encore Reichert (6) démontrèrent que les sphères de segmentation se transformaient plus tard en cellules, et le dernier des deux auteurs cités, en particulier, montra que chez la grenouille les éléments de tous les organes sont les descendants des cellules de segmentation. Mais cette conception ne put se faire jour à l'origine, car Vogt, en 1842, dans ses travaux sur le développement de l'Alytes et du Coregonus, a exprimé une manière de voir diamétralement opposée, et s'est efforcé de prouver en détail que les sphères de segmentation se dissolvent plus tard et que les premières cellules de l'embryon naissent par formation libre dans le fluide plastique résultant de cette fusion (7). Dans ce conflit d'idées, ce n'était pas chose inutile que de montrer, comme je le fis dans mon embryologie des Céphalopodes, l'inadmissibilité de la théorie de Vogt, et surtout de suivre, sur un seul et même être à segmentation

(1) *Physiologie de Burdach*, tome II.
(2) *De evolutione Strongyli auricularis et Ascaridis acuminatæ*. Erlangæ, 1841.
(3) *Ueber die ersten Vorgänge im befruchteten Ei* (*Müller's Arch.*, 1843).
(4) *Entwicklung der Cephalopoden*. Zurich, 1844.
(5) *Fror. Notizen.*, 1842, nº 517.
(6) *Entwicklungsleben im Wirbelthierreich*, 1840.
(7) *Cytoblastème*, SCHWAMM.

partielle, toute la marche du phénomène et sa relation avec la future formation cellulaire. C'est ainsi que Reichert et plus nettement encore moi, nous formulâmes l'important principe qu'en opposition à l'hypothèse de Schwann il n'existe nulle part, dans le développement embryonnaire, une formation libre de cellules; qu'au contraire toutes les parties élémentaires du futur embryon sont les descendants immédiats de la première sphère de segmentation, et par conséquent de l'œuf. Cette proposition fut appuyée et complétée plus tard aussi par Remak par de nombreuses recherches, et devint dès l'origine le point de départ d'une théorie histologique toute nouvelle, si bien que déjà dans l'opuscule précité j'arrivai à formuler, avec un grand degré de vraisemblance, l'hypothèse (1) que dans tout le développement des tissus animaux, aussi bien que végétaux, il n'y a aucune production de cellules en dehors de celles existant déjà; qu'au contraire tous les phénomènes doivent être interprétés comme dérivant de modifications d'organes élémentaires tous initialement de même valeur et descendant d'un seul élément primitif.

Par cet énoncé, émis en 1844, j'étais, en ce qui touche les animaux adultes, de beaucoup en avance sur les faits, et ce ne fut que beaucoup plus tard, après que même en moi se furent élevés bien des doutes, partagés par Remak, sur la généralité de son application aux tissus post-embryonnaires, que ce principe fut élevé à la hauteur d'une loi générale, grâce avant tout aux observations de Virchow dans le domaine de l'anatomie normale et pathologique.

A cet état de choses, les travaux modernes n'ont rien changé d'essentiel. En ce qui touche d'abord les premiers phénomènes dans l'œuf fécondé, des recherches nombreuses ont appris que la formation des premières cellules de l'embryon offre maintes divergences dans les différents types d'animaux, mais que pourtant le fond du phénomène reste partout le même et consiste, comme je l'ai exposé le premier, en une production de cellules par l'œuf, qui paraît comparable dans le plus grand nombre des cas à la multiplication habituelle des cellules par division, et qui est aussi accompagnée de certains phénomènes curieux, dont les noyaux sont le siège, qui depuis les recherches d'Auerback ont attiré l'attention de beaucoup d'observateurs (2). Enfin, il me paraît indubitable que les contractions du protoplasma vitellin sur lesquelles j'ai appelé l'attention (3), ainsi

(1) *Loc. cit.*, p. 100.
(2) *Strasburger. Fol, O. Hertwig, Bütschli et autres.*
(3) *Gewebelehre*, 3e édition, 1859, p. 26. *Entwicklungsgeschichte*, 1re édition, 1861, p. 33.

que M. Schultze (1) jouent également un rôle dans la segmentation de l'œuf. Un seul observateur, Götte (2), a produit des idées essentiellement différentes. Pour lui, la segmentation n'est rien qu'un simple phénomène physique, qui se déroule d'une manière spéciale dans la masse vitelline de l'œuf. Mais, si recommandable que puisse être l'essai de ramener la division du vitellus à de purs phénomènes physiques, celui de Götte ne peut être considéré autrement que comme manqué, car Götte part de la supposition entièrement indémontrée et intenable que l'œuf n'a pas la signification d'une cellule ou d'un organisme vivant, et en second lieu il n'a pas pris en considération que le mode de développement de beaucoup d'œufs est tout autre que dans le Bombinator, et que les phénomènes dont celui-ci est le siège sont on ne peut plus impropres à fournir des conclusions de la nature de celles qu'en a tirées Götte.

J'arrive maintenant aux rapports des premières cellules embryonnaires avec les éléments anatomiques de l'adulte. La grande majorité des recherches nouvelles a purement et simplement confirmé le principe professé par Virchow, Remake et moi, qu'il n'y a pas de formation libre de cellules, ce que Virchow a formulé le premier nettement par l'aphorisme : « Omnis cellula e cellula ; » mais on ne saurait méconnaître pourtant que le développement de certains êtres n'a pas cessé d'offrir toujours bien des points obscurs et mystérieux, et celui des Mucides notamment n'est rien moins qu'expliqué au point de vue qui nous occupe (3).

Sous l'influence des découvertes de Schwann, les feuillets blastodermiques furent aussi ramenés dans le cercle des recherches, et la question des organes primitifs du germe passa de plus en plus à l'ordre du jour. Dès 1840 déjà, Reichert apparut avec de nouvelles descriptions des premières ébauches de l'embryon, qu'il compléta en 1843 (4). Dans la grenouille, d'après Reichert, le vitellus, après la segmentation, donne naissance à sa surface à une enveloppe épithéliale transitoire qu'il nomme membrane d'enveloppe (5). Puis naissent successivement, par des couches de sphères de segmentation qui s'organisent l'une après l'autre : 1° les rudiments lamelliformes du système nerveux central et du système cutané ; 2° la corde avec le double rudiment lamelleux du système vertébral ; 3° le système

(1) *Observat. nonnullæ de ovorum ranarum segmentatione.*
(2) *Entwicklungsgeschichte der Unke*, 1875.
(3) Voy. Weismann, *Zeitschr. f. wiss. Zool.*, t. XIV.
(4) *Entwicklungsleben im Wirbelthierreiche*, 1840, et *Beiträge zur Kenntniss des heutigen Zustandes der Entwicklungsgeschichte*, 1843.
(5) *Umhullungshaut.*

sanguin avec le cœur, les gros vaisseaux, le foie, le pancréas et les reins primitifs; enfin 4° le rudiment du système intestinal concernant la totalité des enveloppes du tube alimentaire. Chez le poulet, Reichert fait encore naître du blastoderme de l'œuf fécondé, dans lequel il n'admet qu'un feuillet, une membrane d'enveloppe transitoire; les couches destinées à l'embryon lui-même se constituent ensuite au-dessous de celle-ci une à une, en se séparant du cumulus proligère, comme on le nomme, ou du noyau vitellin blanc (1); ce sont : 1° les rudiments du système nerveux central; 2° le stratum ou la membrana intermedia pour tous les autres organes vasculaires, c'est-à-dire le système vertébral, le système cutané, le système sanguin, le système des tuniques externes de l'intestin, et enfin 3° la membrane muqueuse intestinale, c'est-à-dire l'épithélium cylindrique de l'intestin.

Cette description est sans doute erronée en plus d'un point, comme Remak l'a fait voir le premier d'une manière convaincante, et notamment, en ce que la membrane d'enveloppe, dans sa partie qui revêt l'embryon, n'est rien moins qu'une organisation transitoire, mais bien la base du système nerveux central et de l'épiderme, et en ce que, chez le poulet, la cicatricule de l'œuf fécondé représente seule et unique le germe de l'embryon et qu'aucune couche du vitellus ne vient s'associer à elle. Mais, dans leur ensemble, les données de Reichert doivent pourtant être regardées comme marquant un progrès très essentiel. Reichert est le premier qui ait scruté minutieusement les feuillets blastodermiques, et le secours du microscope lui a permis de définir bien plus nettement leurs couches que ne l'avait pu faire Baer dans l'état où se trouvait de son temps l'histologie. Les couches que Reichert trouve dans la grenouille et dans le poulet surtout sont, abstraction faite des explications et des données sur leur mode de production, essentiellement les mêmes que celles admises aussi par les auteurs modernes, et on ne pourra que dire que cet observateur est arrivé très près de la vérité.

Marchant sur les traces de Reichert, il était réservé à Remak de donner pour le poulet, et en partie pour la grenouille, une description des organes primitifs de l'embryon qu'on peut considérer comme très satisfaisante, de même que les travaux de cet auteur (2) sont, avec les recherches de V. Baer, ce qu'il y a de plus parfait dans la première moitié de notre siècle. D'après Remak, la cicatricule de

(1) Noyau de la cicatricule de Pander.

(2) *Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere*, 1re livr., 1850; 2e livr., 1851; 3e livr., 1855.

l'œuf fécondé de la poule est formée de deux couches, auxquelles une troisième s'ajoute plus tard, qui dérive du feuillet inférieur primitif. De ces trois feuillets naissent tous les organes et systèmes du corps; en effet, le feuillet *externe* ou *sensoriel* produit l'épiderme et le système nerveux central et, en outre, le cristallin de l'œil, l'épithélium de la capsule auditive, les éléments cellulaires de toutes les glandes cutanées, l'appareil nerveux de l'œil aussi bien que l'uvée et que la partie nerveuse de l'organe de l'odorat. Du feuillet *moyen* ou *mota-germinatif* naissent les systèmes osseux et musculaire, les nerfs périphériques, enfin toutes les parties conjonctives et les vaisseaux, ceux des centres nerveux exceptés, les glandes dites vasculaires, les reins primitifs et les glandes génitales. Du feuillet *interne*, enfin, ou feuillet *intestino-glandulaire*, proviennent, d'après Remak, tout le revêtement épithélial de l'intestin, les épithéliums de toutes les glandes annexes du tube digestif (poumons, foie, pancréas, etc.) aussi bien que celui des reins. Ainsi le germe consiste, d'après Remak, en deux feuillets épithéliaux séparés par un feuillet moyen formé de tissus conjonctifs (cartilages, os), de vaisseaux, muscles et nerfs, et qui s'associe aux deux premiers pour produire la peau, les muqueuses et toutes les glandes. Il est vrai que, dans ce tableau, quelques exceptions nuisent à l'impression générale, comme par exemple le fait que le feuillet externe produit aussi les vaisseaux des centres nerveux et de l'uvée, et le feuillet moyen les nerfs et les épithéliums de certaines glandes (reins primitifs, glandes génitales); mais cela n'a pu empêcher la théorie des feuillets blastodermiques de Remak d'être reçue partout avec le plus grand enthousiasme; et de droit, car elle nous fit connaître pour la première fois la structure et le rôle des feuillets blastodermiques et les rapports histologiques qui existent entre eux et les organes et systèmes de l'adulte.

Toutes les recherches ultérieures se rattachent d'abord à celles de Remak et portent aussi sur l'être qu'il a pris pour point de départ dans ses études, le poulet. Pourtant l'embryologie des poissons et des amphibiens arrive aussi graduellement à l'ordre du jour, tandis que celle des reptiles et des mammifères ne suscita que peu de travaux.

Pour le poulet, on s'efforça tout d'abord à compléter et à étendre les données générales de Remak, et nous devons citer avant tout les recherches qui eurent pour objet l'origine des feuillets blastodermiques. Remak avait commencé ses études sur l'œuf qui vient d'être pondu sans s'occuper de l'origine du blastoderme. Un progrès important se réalisa donc quand Coste découvrit la segmentation de l'œuf

dans l'oviducte (1) et la fit comprendre par de bonnes figures, phénomène dont Allacher, et en partie aussi Götte (2) et moi, s'attachèrent ensuite à suivre de plus près le détail. En même temps que ces recherches, surgissaient de nombreux travaux sur la formation des feuillets blastodermiques, que Remak avait traitée d'une manière un peu aphoristique. Le feuillet intermédiaire surtout provoqua une foule d'études. La plupart des observateurs se rangèrent, en ces matières, au sentiment de Remak, admettant avec cet auteur que l'embryon se développe exclusivement du disque proligère, et que tout le reste du vitellus est nutritif; His seul (3) ouvrit une nouvelle voie qui, si elle était juste, expliquerait non seulement la formation des feuillets germinatifs, mais donnerait encore une nouvelle base à toute l'embryologie. La pensée dominante de His est que l'embryon du poulet n'est pas le produit exclusif du blastoderme seul, comme presque tous les embryologistes l'avaient admis avant lui, mais aussi celui d'une partie du vitellus blanc. Du blastoderme se développent, pour His, l'ensemble des tissus nerveux, les muscles striés et lisses, les véritables épithéliums et le tissu glandulaire. Des éléments du vitellus blanc procèdent le sang et les tissus de substance conjonctive. Le blastoderme n'est plus alors que la masse principale du germe ou l'*archiblaste*, comme l'appelle His, ou le *neuroblaste*, comme il le nomme encore, pour rappeler le rôle physiologique le plus essentiel de cette première base de l'embryon. La seconde base (vitellus blanc) devient le germe accessoire, le *parablaste*, dit aussi *hœmoblaste*. Cette nouvelle théorie, fondée sur de nouvelles études sur le développement des organes primitifs du germe, His a cherché aussi à l'appuyer d'un autre ordre de faits, en s'efforçant de prouver que le vitellus blanc de l'œuf de poule est lui-même formé de cellules et que tout l'œuf dérive d'une double source. D'après les suppositions de His, en effet, chez le poulet notamment, la vésicule germinative et les éléments constitutifs de la cicatricule sont d'origine archiblastique et possèdent la valeur d'une cellule glandulaire, tandis que le vitellus dérive de parties parablastiques, c'est-à-dire qu'il provient de la pénétration dans l'œuf de cellules de substance conjonctive de l'ovaire.

En particulier, His envisage le premier développement de la façon suivante. Le disque proligère de l'œuf fécondé, au moment de la ponte, est partout constitué de cellules nucléées et consiste en un

(1) *Compt. rend.*, 1848.
(2) Schultze, *Arch.*, X.
(3) *Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes.* Leipzig, 1868.

feuillet blastodermique supérieur. De feuillet inférieur individualisé, il n'y en a pas dans la règle; mais, en lieu et place, on trouve de nombreux cordons et prolongements coniques, émanant du feuillet supérieur, soudés entre eux en réseau ou reliés en arcade; ce sont « les prolongements sous-germinaux (*subgerminale Forssätze*) ». Dans la région de l'aire opaque de la cicatricule, ces prolongements pénètrent dans une masse de vitellus blanc solidement adhérente au disque et formant ce que His nomme le bourrelet germinatif (*Keimwall*). Ils peuvent aussi, de la marge interne du bourrelet, passer sur le fond de la cavité située au-dessous du milieu du disque (cavité sous-germinale).

Sous l'influence de l'incubation, l'accroissement et la réunion des prolongements sous-germinaux donnent naissance à un feuillet inférieur continu. Celui-ci se détache bientôt du supérieur, sauf dans la région répondant à la ligne primitive ou ligne axile (His), dans l'étendue de laquelle une masse cellulaire (cordon axile) unit l'un à l'autre les deux feuillets. Un peu plus tard, chacun de ceux-ci développe sur les côtés du cordon axile, à droite et à gauche, une nouvelle couche. Ce sont les lames musculaires ou accessoires, distinctes en supérieures ou animales et en inférieures ou végétatives, comme les nomme l'auteur. Les parties des feuillets supérieur et inférieur situées en regard de ces lames musculaires sont appelées par His feuillet limitant (*Grenzblatt*) supérieur et feuillet limitant inférieur, répondant au feuillet cutané et au feuillet intestino-glandulaire de Remak. Il suit de là que le blastoderme, en tant qu'envisagé dans sa portion qui dérive de l'Archiblaste, est finalement constitué par la ligne axile au milieu, point de confluence des deux feuillets primitifs, et latéralement par quatre couches, chacune formée d'une lame limitante et d'une lame musculaire, et dont les unes appartiennent à la sphère animale, les autres à la sphère végétative.

En ce qui touche l'emploi de ces couches primitives pour la constitution des parties futures, His [1] expose ce qui suit :

Le feuillet supérieur fournit le système nerveux cérébro-spinal, les muscles de la vie animale et l'épiderme avec ses dérivés.

Le feuillet inférieur fournit les muscles lisses du corps, les épithéliums et les glandes de la muqueuse interne.

La ligne axile enfin, après décompte fait des rudiments du système nerveux central, renferme, d'après His, plus d'éléments du feuillet supérieur que de l'inférieur; bien plus, appartient peut-être exclusi-

(1) *Loc. cit.*, p. 43, et *notes et additions* à la p. 43.

vement au premier. Ce cordon donne naissance au nerf sympathique, aux corps de Wolff, aux glandes génitales, aux reins véritables, à la corde dorsale et à l'hypophyse cérébrale.

A ces couches il faut ajouter, comme produit du germe accessoire ou parablaste, le feuillet vasculaire, qui se glisse entre la lame musculaire inférieure et le feuillet limitant inférieur. De là il gagne le cordon axile et envoie finalement ses prolongements dans tous les intervalles que laissent entre elles les parties du germe principal.

Telle est la doctrine de His. Quant à sa portée, cette conception de feuillets blastodermiques qui s'écarte de celle de Remak spécialement par le rejet d'un feuillet blastodermique moyen et se rapproche davantage de celle de V. Baer, ne s'appuie aucunement, d'après mes propres recherches, sur une base suffisante, ainsi que je l'exposerai plus loin en détail. D'autre part aussi, l'hypothèse de deux germes, principal et accessoire, est une innovation qui, jusqu'à ce jour, est demeurée sans adhésions. Mais, on le doit avouer, l'hypothèse que His a déroulée en différents endroits d'une façon si ingénieuse sur la provenance à part du tissu conjonctif et du sang est bien séduisante, tellement qu'on regrette presque de ne la pouvoir appuyer sur des faits, et puis, il faut l'avouer, His semble avoir raison dans un point très important, savoir : l'indépendance d'origine des rudiments du système vasculaire dans l'aire opaque, et la pénétration de ceux-ci, par végétation centripète, dans l'embryon (1). Mais, en ce qui touche la participation du vitellus blanc à la constitution des vaisseaux et du sang, H. Virchow et moi, nous avons dû nous déclarer contre His; des recherches aussi minutieuses que possible sur l'origine des feuillets du blastoderme dans l'œuf de poule nous ayant conduits au résultat qu'aucune portion du vitellus blanc ne participe directement à la formation du blastoderme et que le bourrelet blastodermique de His en particulier est une partie intégrante de la cicatricule segmentée (2). Toute une série d'autres observateurs comme Waldeyer, Peremeschko, Œllacher Striaer, Klein et Götte se sont aussi prononcés plus ou moins explicitement contre His; mais je dois pourtant reconnaître que His déclare à bon droit (*Ei der Knochenfische*) que les données des auteurs précités, en partie ne sont plus directement contraires à ses hypothèses, en partie ne sont pas probantes. Götte concorde en apparence avec His sur un point important, car lui aussi

(1) Voyez aussi His, *Unters. ü. d. Ei u. d. Eientwickl. bei Knochenfischen.* Leipzig, 1872, pp. 37-50, surtout p. 44.

(2) *Zur Entw. d. Keimblatter im Hühnereie.* Würzle, Aderh. N. F., vol. VIII, 1875, et nº 254.

admet une intervention du vitellus blanc dans la formation du blastoderme et même dans celle du sang; mais les parties que Götte a en vue ne sont que des portions circonscrites du fond de la cavité de segmentation, qu'il interprète comme vitellus blanc, lesquelles, d'après lui, participent à la segmentation et produisent plus tard le sang en qualité de soi-disant cellules vitellines (1). Mais il est bien éloigné d'admettre avec His une participation directe du vitellus blanc à la formation du germe et de déclarer cellules les éléments du vitellus blanc.

Un nombre notable d'observateurs, en prenant pour point le départ l'idée que la cicatricule seule produit l'embryon, ont étudié le développement des feuillets blastodermiques dans l'œuf de poule, et donné des descriptions qui s'éloignent plus ou moins de celle de Remak. Comme cette question reviendra entière dans la partie spéciale et y sera traitée tout au long, je me bornerai à mentionner les propositions nouvelles les plus importantes, qui toutes se rattachent au feuillet intermédiaire. Ce sont les suivantes : 1° Le feuillet moyen se produit en direction centripète par immigration de sphères de segmentation, entre les deux autres feuillets des bords vers le milieu (Peremeschko, Œllacher. Stricker, Klein, Balfour, Foster) ; 2° Le feuillet moyen naît par une prolifération de la région médiane de l'ectoderme, la couche ainsi proliférée devenant indépendante et continuant de s'étendre en direction centrifuge (moi).

En outre, je dois mentionner que la formation des feuillets dans l'œuf des poissons et des amphibiens a été étudiée aussi avec soin, par toute une série d'auteurs, parmi lesquels Kupffer, Œllacher, Götte, His, Balfour, Bambeke, Owsjanikow, Kowalewski, Balewski. Gerbe, avant tout, doivent être cités. L'œuf des mammifères aussi, qui, depuis les travaux importants de Bischoff et Reichert, avait été négligé pendant de longues années, a fourni dans les derniers temps de nombreuses observations par les travaux de Hensen, V. Beneden, Schæffer et moi-même.

Les progrès de l'embryogénie moderne, en ce qui touche les questions générales, ne se bornent pas d'ailleurs aux études sur la formation des cellules de segmentation dans l'œuf et sur celle des feuillets blastodermiques; la science a pris encore un vol plus élevé et s'est engagée dans la recherche des lois propres du développement et des causes dernières qui déterminent la forme des êtres organisés. Ainsi que nous l'avons déjà exposé dans l'introduction, le darwinisme, en

(1) *Bildung der Keimblatter und des Blutes im Hühnereie*, dans les *Arch.* de SCHULTZE, t. X, pp. 156-183.

ce qui touche cette question, a cherché en la personne de son représentant le plus zélé, Hæckel, à démontrer que l'autogénie n'est pas autre chose qu'une brève récapitulation de la phylogénie et qu'elle s'explique seulement et uniquement par elle (1). La variabilité et l'hérédité sont les facteurs de toute l'histoire de la descendance, et, en tant que chaque être particulier ne fait que répéter dans son développement l'histoire de la descendance, on peut aussi dire simplement aussi que « la phylogenèse est le principe mécanique de l'ontogenèse ». Le côté critique de cette doctrine a été exposé plus haut déjà, tout en reconnaissant ce qu'elle a de fondé à certains points de vue, et jusqu'à quel degré elle est autorisée dans ses prétentions.

La tentative de His pour ramener l'ontogénie à des causes mécaniques est tout autre. Nous la trouvons déjà dans son grand ouvrage, et l'auteur vient de la reprendre à nouveau et de la développer avec énergie dans un écrit tout récemment paru (2). L'hypothèse de His que dans tout le développement du corps il n'y a au fond que des moments mécaniques très simples (tension de lames élastiques sous l'influence de l'inégalité d'accroissement de certaines parties, replis déterminés par des obstacles clos) ne mérite pas seulement d'être prise en sérieuse considération, parce qu'elle est le premier essor pour expliquer logiquement, au sens de l'histoire naturelle moderne, la formation du corps, mais encore parce que, incontestablement, elle a beaucoup de vrai en soi. Et, bien que His, à mon avis, ne mette pas suffisamment en avant le mobile profond et ultime de tout développement, la croissance des parties élémentaires, il n'en demeure pas moins que tout embryologiste ne pourra faire autrement que de reconnaître que le côté mécanique, dans le phénomène du développement, a été jusqu'ici trop peu apprécié et qu'il faut savoir gré à His d'avoir à nouveau appelé l'attention sur son étude.

Enfin Götte a aussi fait des questions générales l'objet de communications provisoires et pris les phénomènes physiques, en partie, au sens de His, d'une façon à lui propre, comme base de ceux qui se passent dans tout développement.

KÖLLIKER (3).

(1) *Anthropogénie.* Leipzig, 1874, et Paris, 1877.

(2) *Unsere Körperform.* Leipzig, 1875.

(3) *Embryologie ou Traité complet du développement de l'homme et des animaux supérieurs.* 1re livr. Chez REINWALD, édit., Paris, 1879.

DE LA RÉALITÉ DE NOS PERCEPTIONS

Par H. Helmholtz.

Dans les premières années de l'existence de l'Université de Berlin, la science avait une témérité et une confiance juvéniles, ses regards se dirigeaient de préférence vers les buts les plus élevés. Quoique ces buts soient plus difficiles à atteindre que la génération du commencement de ce siècle ne se l'imaginait, quoiqu'on se soit aperçu que des travaux minutieux et de longue haleine doivent préparer les voies, et que ces premières recherches demandent d'autres qualités que l'enthousiasme et l'envolement vers l'idéal, ce serait cependant un véritable déclin, si ces études subordonnées, d'utilité pratique, avaient fait perdre de vue à notre génération l'idéal éternel de l'humanité.

Le problème fondamental qu'on posa dès ce moment à l'entrée de toute science est la théorie de la certitude : « Qu'y a-t-il de certain dans nos perceptions et dans nos idées ? Dans quelles limites nos idées s'accordent-elles avec la réalité ? » La philosophie et les sciences naturelles s'occupent de cette question de manières différentes. La philosophie, qui considère le côté intellectuel, cherche à distinguer dans nos connaissances et dans nos idées ce qui a sa source dans l'action du monde physique, pour établir exactement quelle part revient à l'activité de l'esprit. Les sciences naturelles cherchent au contraire à distinguer ce qui est définition, dénomination, raisonnement ou hypothèse, pour ne s'occuper uniquement que de ce qui appartient au monde réel, dont elles cherchent les lois. Elles veulent donc faire le même partage, mais pour s'intéresser à une partie différente.

Le physiologiste ne peut se dispenser d'approfondir ces questions pour établir la théorie des perceptions des sens, et pour rechercher les principes de la géométrie, de la mécanique et de la physique. Comme mes travaux m'ont souvent conduit dans les deux domaines, je veux tâcher de donner un aperçu de ce qui a été fait par la physiologie concernant cette question.

Il est clair que les lois de la pensée sont au fond les mêmes chez l'homme qui étudie les faits physiques et chez celui qui médite. Toutes les fois que les faits de l'expérience journalière, dont la collection est

déjà si abondante, ont pu fournir au penseur sagace et impartial une base suffisante à l'établissement d'un jugement, le physiologiste doit se contenter de reconnaître que le classement méthodique des faits expérimentaux confirme simplement le résultat déjà obtenu. Mais le contraire arrive aussi quelquefois. Que ceci soit mon excuse — si j'en ai besoin — de ce que, dans les pages suivantes, je ne fournirai pas toujours de nouvelles réponses aux questions posées, mais au contraire en grande partie des réponses connues depuis longtemps. Souvent, une vieille notion, contrôlée par des faits nouveaux, se montre éclaircie d'une lumière plus vive et se présente sous un aspect encore inaperçu.

A la fin du siècle dernier, Kant a défini les formes de la perception et du raisonnement, qu'il nommait formes transcendantales, parce qu'elles sont acquises avant toute expérience, et parce que la matière de notre idée doit nécessairement passer par elle pour devenir une idée. En ce qui concerne les qualités de la sensation, Locke avait déjà fait observer la part que notre organisation physique et intellectuelle a dans la façon dont les choses nous apparaissent. Les recherches relatives à la physiologie des sens, que Johannes Müller surtout a complétées, épurées et réunies ensuite dans la loi sur les énergies spécifiques des nerfs des sens, ont confirmé ces vues d'une manière complète et presque inattendue. L'existence et l'importance de cette forme nécessaire, subjective de la sensation sont ainsi expliquées et mises en lumière d'une manière saisissante. Ce sujet a déjà été traité maintes fois ; je puis donc aujourd'hui être bref sur ce point.

Il existe entre les perceptions des sens deux espèces différentes de dissemblance. La dissemblance la plus forte est celle qui existe entre des perceptions appartenant à des sens différents, comme entre bleu, doux au goût, chaud, élevé de ton ; je lui donne le nom de *dissemblance dans la modalité de la sensation*. Elle est si fondamentale qu'elle exclut toute transition, toute proportion d'analogie. On ne peut pas demander si ce qui est doux au goût ressemble plus au bleu qu'au rouge. La seconde espèce de dissemblance, moins fondamentale, est celle qui existe entre des sensations différentes du même sens : je la désignerai sous le nom de *dissemblance de qualité*. J. G. Fichte rassemble ces qualités de chaque sens sous le terme de *cercle qualitatif*, et considère comme dissemblance entre ces cercles ce que je viens de nommer dissemblance de modalité. En dedans de chacun de ces cercles, les transitions et les comparaisons sont possibles. Nous pouvons aller du bleu au rouge écarlate, en passant par le violet et le rouge carmin, et nous pouvons dire par exemple que le jaune ressemble

plus à l'orange qu'au bleu. Les études physiologiques montrent que l'autre dissemblance, plus profonde, ne dépend nullement du genre de l'impression extérieure par laquelle la sensation est produite, mais est uniquement et exclusivement déterminée par le nerf sensoriel qui est atteint par l'impression. L'excitation du nerf visuel ne produit que des sensations visuelles, qu'il soit impressionné par la lumière objective, c'est-à-dire par des vibrations de l'éther, ou par des courants électriques traversant l'œil, ou par une pression sur la pupille, ou par une irritation du tronc nerveux, lorsque le regard se meut vivement (ou occasionnée par des clignements d'yeux précipités). La sensation produite par ces dernières actions est si pareille à celle que détermine la lumière objective, qu'on a longtemps vu là un véritable développement de lumière dans l'œil. J. Müller prouva que c'est là une erreur, et que la sensation de lumière ne se produit que parce que le nerf visuel est excité. Si d'un côté chaque nerf sensitif, excité par les agents les plus divers, ne donne que des sensations appartenant à son cercle particulier de qualités, d'un autre côté ces mêmes agents extérieurs produisent les sensations les plus diverses suivant le nerf qui est excité. Les mêmes vibrations de l'éther, que l'œil perçoit comme lumière, la peau les perçoit comme chaleur. Les oscillations de l'air, que la peau perçoit comme des vibrations, l'oreille les perçoit comme des sons. La dissemblance de l'impression est si grande ici que les physiciens n'acceptèrent l'idée que des agents paraissant aussi différents que la lumière et la chaleur rayonnante pussent être similaires et en partie identiques, qu'après que des expériences répétées eurent prouvé la complète similitude de leur nature.

Mais même dans le cercle qualitatif d'un même sens, où tout au moins l'espèce de l'agent contribue à déterminer la qualité de la sensation produite, on rencontre les différences les plus inattendues. Sous ce rapport, la comparaison de l'œil et de l'oreille est très instructive, parce que la lumière et le son sont tous les deux des mouvements oscillatoires, qui produisent chacun, d'après la vitesse de ses oscillations, des sensations différentes, celle de couleurs différentes dans l'œil et celle de différentes hauteurs de son dans l'oreille. Si nous nous permettons d'appliquer aux rapports qui existent entre les oscillations de la lumière les noms des intervalles musicaux formés par les oscillations du son, nous trouvons que l'oreille perçoit environ 10 octaves de tons différents, et que l'œil perçoit seulement une sixte, quoiqu'il y ait au delà de ces limites des oscillations de son et de lumière qui peuvent être démontrées physiquement. L'œil n'a

dans sa courte échelle que trois sensations fondamentalement différentes, savoir le rouge, le vert et le violet, qui par leur combinaison produisent toutes les autres qualités de ce cercle. Ces trois couleurs fondamentales se confondent dans la sensation sans se détruire. L'oreille au contraire distingue un nombre infini de tons de hauteur différente. Un accord n'est pas pareil à un autre composé d'autres tons, tandis qu'un fait analogue se produit bien pour l'œil; car le même blanc peut être produit par le rouge et le bleu verdâtre du spectre, par le jaune et le bleu d'outre-mer, par le vert jaunâtre et le violet, par le vert, le rouge et le violet, ou par toutes ces combinaisons ensemble ou variées à l'infini. S'il y avait analogie avec ce qui se passe dans l'oreille, la consonnance C et F serait isotone avec D et G, avec E et A, ou avec C, D, E, F, G, A, etc. Un fait fort intéressant pour la valeur objective de la couleur, c'est que, hormis l'action sur l'œil, on n'a pas encore pu découvrir un seul rapport physique sous lequel des lumières de même apparence eussent régulièrement la même valeur. L'effet musical de la consonance et de la dissonance dépend entièrement du phénomène particulier des vibrations. Celles-ci sont causées par un changement subit dans l'intensité du ton, changement qui se produit parce que deux tons de hauteur presque égale s'accordent alternativement dans des phases pareilles et opposées, et qu'ils font naître par conséquent des vibrations tantôt faibles, tantôt fortes dans le corps qu'ils font vibrer. Le phénomène physique pourrait se produire dans la conjonction de deux courants d'ondulations lumineuses, exactement comme dans la conjonction de deux courants d'ondulations de tons. Mais en premier lieu le nerf doit pouvoir être affecté par deux courants d'ondulations, et en second lieu l'alternance d'intensité plus ou moins grande doit pouvoir se produire assez vite. Sous ce dernier rapport, le nerf auditif est bien supérieur au nerf optique. Simultanément, chaque fibre du nerf auditif n'est sensible qu'à des tons voisins dans la gamme, de sorte que des tons de peu d'intervalle peuvent seuls concorder dans la fibre nerveuse et que des tons très distants ne le peuvent pas ou du moins pas directement. Lorsqu'ils le font, c'est par l'influence de tons de combinaison. De là vient pour l'ouïe cette différence entre des intervalles vibrants et non vibrants, c'est-à-dire entre la consonance et la dissonance. Chaque fibre du nerf optique au contraire est sensible au spectre entier, quoique à des degrés divers pour les différentes bandes. S'il était tant soit peu possible à la sensibilité du nerf optique de suivre les transitions extraordinairement rapides des oscillations de la lumière, chaque couleur mélangée ferait l'effet d'une dissonance.

Toutes ces différences dans le mode d'action de la lumière et du son sont donc déterminées par la manière dont l'appareil nerveux réagit contre ces influences.

Nos sensations sont des effets produits dans nos organes par des causes extérieures, et la manière dont un effet se fait connaître dépend essentiellement de la nature de l'appareil sur lequel l'action s'exerce. Pour autant que la qualité de notre sensation nous renseigne sur la nature particulière de la cause extérieure qui produit la sensation, cette qualité peut être considérée comme une indication, mais non comme une image de la cause. Une image doit avoir une espèce de similitude avec l'objet représenté; une statue doit avoir une similitude de forme, un dessin une similitude de projection perspective dans le champ visuel; un tableau doit avoir en outre une similitude de couleurs. Mais il n'est pas nécessaire qu'une indication ait une ressemblance quelconque avec ce qu'elle indique. Le rapport se borne à ce que le même objet exerçant une influence dans les mêmes circonstances fait naître la même indication, et que des indications dissemblables correspondent toujours à des influences dissemblables.

Comparé à l'opinion populaire qui accepte de confiance l'entière vérité des images que nos sens nous fournissent des objets, ce reste d'analogie que nous reconnaissons peut paraître très insignifiant. Et cependant il ne l'est pas, car il suffit pour fixer les lois qui régissent les phénomènes physiques, ce qui est fort important. Chaque loi naturelle établit que, dans des conditions semblables sous certains rapports, il se produira toujours des conséquences semblables sous certains autres rapports. Comme ce qui est pareil pour nos sensations est toujours représenté par des indications pareilles, la succession naturelle d'effets pareils à des causes pareilles correspondra toujours à une succession également régulière dans nos sensations.

Si des fruits d'une certaine espèce forment, en mûrissant, à la fois du pigment rouge et du sucre, la couleur rouge et le goût sucré se trouveront toujours réunis dans la sensation que produiront en nous des fruits de cette espèce.

Si donc les perceptions de nos sens ne sont, quant à leur qualité, que des indications dont l'espèce particulière dépend absolument de notre organisation, elles ne doivent cependant pas être rejetées comme de vaines apparences, car elles sont en effet l'indication de quelque chose, soit d'un objet, soit d'une action, et, ce qui importe surtout, elles peuvent nous faire connaître la loi de cette action.

La physiologie reconnaît donc les qualités de la sensation, simplement comme formes de la perception. Kant allait plus loin. Il consi-

dérait non seulement les qualités de nos sensations comme déterminées par notre faculté de perception, mais encore le temps et l'espace, parce que nous ne pouvons rien observer dans le monde extérieur sans que cela ait lieu à un moment précis et à un endroit déterminé, la notion de temps étant de même inséparable de toute perception intérieure. Il nomma donc le temps la forme nécessaire, transcendantale de la perception intérieure, et l'espace celle de la perception extérieure. Kant considère donc les notions d'espace comme aussi peu inhérentes au monde de la réalité ou « aux choses en elles-mêmes » que les couleurs que nous voyons appartiennent aux objets eux-mêmes; elles y sont mises par notre œil. Même ici, la physiologie peut partager jusqu'à un certain point son opinion. Car, si nous demandons s'il existe un signe commun, perceptible par la sensation directe, qui caractérise toute notion relative aux objets dans l'espace, nous en trouvons un en effet dans la particularité que le mouvement de notre corps nous met dans d'autres conditions d'espace vis-à-vis des objets observés, et qu'il change par là en même temps l'impression qu'ils produisent sur nous. L'impulsion de mouvement, que nous donnons par l'innervation de nos nerfs moteurs, est directement perceptible. Nous sentons que nous faisons quelque chose lorsque nous donnons une pareille impulsion. Ce que nous faisons, nous ne le savons pas directement. La physiologie seule nous enseigne que nous mettons les nerfs moteurs dans un état d'excitation, que nous les innervons, puisque cette excitation est transmise aux muscles, que par suite ceux-ci se contractent et font mouvoir les membres. Mais nous savons encore, même sans études scientifiques, quel effet perceptible succède à chaque innervation différente que nous pouvons produire. Dans beaucoup de cas, on peut se rendre clairement compte qu'on peut s'exercer à en produire d'autres. Dans l'âge adulte, nous pouvons encore apprendre à trouver les innervations nécessaires à la prononciation d'une langue étrangère ou à une inflexion particulière de la voix pour chanter; nous pouvons apprendre à produire les innervations nécessaires pour mouvoir les oreilles, pour loucher de différentes manières, etc. La difficulté de faire ces choses ne consiste qu'en ce que nous devons trouver par des essais les innervations inconnues, requises pour des mouvements que nous n'avons pas encore exécutés. Nous ne connaissons au reste ces impulsions sous aucun autre rapport, et leur seule indication définissable est qu'elles produisent l'effet prémédité, voulu; cet effet seul peut donc nous faire distinguer les différentes impulsions.

Si nous produisons des impulsions telles que de détourner le

regard, mouvoir la main, aller et venir, nous remarquons qu'elles peuvent changer les sensations appartenant à certains cercles qualitatifs (c'est-à-dire les sensations concernant l'espace), et que des états psychiques dont nous nous rendons compte ne peuvent pas être changés par elles (des souvenirs, des intentions, des désirs, etc.). Ceci établit une différence profonde et directement appréciable entre les deux ordres de sensations. Si nous voulons appeler « localisée » une manière d'être que nous pouvons changer immédiatement par l'impulsion de notre volonté, mais qui pour tout le reste peut nous être encore absolument inconnue, les observations d'actions psychiques n'appartiennent pas à cette manière d'être; tandis qu'au contraire toutes les perceptions des sens extérieurs doivent se produire par une espèce quelconque d'innervation, c'est-à-dire que ces sensations doivent être « localisées ». D'après cela, l'espace nous paraît être perceptible par les sens et constituer une chose à laquelle s'appliquent les qualités de nos sensations de mouvement, à travers laquelle nous nous mouvons et que nous perçons de nos regards. La notion de l'espace serait donc en ce sens une forme d'idée subjective, telle que les qualités de sensation : rouge, doux au goût, froid. Mais il ne s'ensuit, pas plus que pour ces dernières notions, que la localisation d'un objet déterminé ne soit qu'une vaine apparence.

A ce point de vue, l'espace paraîtrait être la forme nécessaire de la notion du monde extérieur, parce que nous rassemblons justement, sous le terme de « monde extérieur », ce que nous observons comme étant localisé dans l'espace. Nous désignons par le terme de « monde de la perception intérieure », ou monde de la connaissance de soi-même, tout ce qui n'est pas accessible aux rapports d'espace.

Et l'espace serait une forme de notion innée, que nous avons en nous avant toute expérience, pour autant que l'observation de l'espace serait liée à la possibilité d'impulsions motrices de la volonté pour lesquelles notre organisation doit nous avoir donné les aptitudes psychiques et corporelles, avant que nous puissions avoir la notion de l'espace.

On ne peut guère mettre en doute que le critérium indiqué de la variation produite par chaque mouvement appartient à toutes les observations concernant les objets localisés. Mais il reste à voir si toutes les désignations de notre notion de l'espace sont dérivées de cette source. Pour le découvrir, nous devons rechercher ce qu'on peut faire avec les ressources de l'observation, dont nous avons déjà parlé.

Tâchons de nous mettre à la place d'un homme dépourvu de toute expérience. Pour nous le figurer sans notion de l'espace, nous devons

admettre que tout ce qu'il sait de ses innervations, c'est qu'en interrompant une première, ou qu'en réagissant par une seconde impulsion, il peut se remettre dans l'état dont la première impulsion le tire. Comme cette neutralisation réciproque d'innervations différentes est absolument indépendante de ce qui est observé simultanément, l'expérimentateur peut découvrir ce qu'il a à faire, sans avoir aucune idée préalable du monde extérieur. Que cet expérimentateur se trouve d'abord placé dans un entourage d'objets immobiles, il le reconnaîtra premièrement à ce que ses sensations restent invariables tant qu'il ne donne pas d'impulsion motrice. Dès qu'il donne cette impulsion, dès que par exemple il imprime un mouvement à ses yeux, à ses mains, dès qu'il marche, les sensations changent; et s'il retourne à l'état antérieur, soit en interrompant l'impulsion nouvelle, soit en en produisant une contraire, toutes les premières sensations reparaissent.

Si nous appliquons le terme « actualités temporaires » à tout le groupe de sensations qui peuvent être produites par un groupe déterminé et limité d'impulsions volontaires, dans une période de temps donné, et si nous appelons « présent » le groupe de sensations don on a la perception au moment même, nous pouvons dire que l'observateur est restreint, à chaque moment donné, à un cercle déterminé d'actualités, dont il peut rendre présente une quelconque à volonté, en exécutant le mouvement correspondant. C'est pourquoi chaque détail de ce groupe d'actualités lui paraît exister à tout moment de cette période. Il l'a observé toutes les fois qu'il a voulu. L'affirmation, qu'il aurait aussi pu l'observer à chaque moment intermédiaire s'il l'avait voulu, doit être regardée comme la conséquence d'une induction. De cette manière, on pourra arriver à comprendre que des choses différentes existent simultanément à côté les unes des autres. Cette expression « à côté les unes des autres » entraîne l'idée d'espace. Mais cela n'implique pas encore qu'on doive penser à des objets matériels se trouvant côte à côte. « A droite on y voit clair, à gauche il fait nuit, devant il y a de la résistance, derrière non, » voilà des expressions dont on pourrait se servir, « à droite et à gauche » étant alors simplement des termes appliqués à des mouvements des yeux, « devant et derrière » des termes appliqués à des mouvements des mains.

A d'autres moments, le cercle des actualités devient autre pour le même groupe d'impulsions volontaires. A cause de cela, ce cercle nous apparaît avec ce qu'il contient, comme un « objectum ». Les changements que nous pouvons produire et effacer par des impul-

sions conscientes se séparent de ceux qui ne sont pas la conséquence d'impulsions volontaires et qui ne peuvent être effacés par elles. Cette dernière définition est négative. Fichte emploie une expression très juste en disant qu'un « non-moi » s'impose à l'esprit vis-à-vis du « moi ».

Si nous demandons dans quelles conditions empiriques la notion de l'espace se forme, nous devons en premier lieu tenir compte du toucher, puisque des aveugles peuvent avoir la notion complète de l'espace, sans l'aide de la vue. Quoiqu'ils ne se rendent pas aussi facilement compte de la répartition des objets dans l'espace, il paraît cependant fort improbable que la base de la notion de l'espace soit autre pour les aveugles que pour ceux qui voient. Si nous cherchons à observer à l'aide du toucher, dans l'obscurité ou après avoir fermé les yeux, nous pouvons très bien nous rendre compte de la forme d'un objet en le touchant du doigt, ou même avec un stylet, comme le chirurgien se sert de la sonde. Ordinairement, lorsque nous voulons nous diriger dans l'obscurité, nous tâtons de grands objets avec les cinq ou les dix bouts des doigts à la fois. Nous obtenons alors cinq ou dix fois autant de renseignements à la fois qu'en tâtant avec un seul doigt, et nous nous servons aussi des doigts comme des pointes d'un compas ouvert, pour évaluer la grandeur d'un objet.

La surface de la peau, pourvue d'une multitude de points sensibles, nous sert infiniment moins pour le toucher. Ce que nous pouvons savoir par la sensibilité de la peau, en posant la main à plat sur un objet tel qu'une médaille, est excessivement peu net et incomplet en comparaison de ce que nous pouvons découvrir par le toucher, ne fût-ce qu'avec la pointe d'un crayon.

Pour le sens de la vue, ce phénomène devient beaucoup plus compliqué, parce qu'à côté de l'endroit le plus sensible de la rétine qui, lorsqu'on regarde, suit pour ainsi dire les contours de l'image, un grand nombre d'autres points sensibles exercent une action bien plus grande que ce n'est le cas avec le sens du toucher.

On peut facilement se convaincre que, en laissant aller le doigt le long des objets, on apprend à connaître dans quel ordre leurs impressions s'offrent à nous ; on s'aperçoit que cet ordre reste le même, quel que soit le doigt avec lequel on touche les objets ; que, de plus, ce n'est pas une rangée simple, dont on doit toujours suivre les éléments dans le même ordre d'avant en arrière, ou d'arrière en avant, pour arriver de l'un à l'autre ; que ce n'est donc pas une ligne, mais une dissémination, ou, d'après la terminologie de Riemann, une diversité de deuxième ordre. De plus, le doigt peut arriver d'un

point à l'autre de la surface palpable par d'autres impulsions motrices que celle qui le fait glisser le long de la surface, et il faut des mouvements différents pour le faire glisser le long de surfaces différentes. Cela détermine une plus grande diversité pour l'espace dans lequel l'expérimentateur se meut que pour la surface; nous voici donc arrivés à la troisième dimension. Et celle-ci suffit à tous les cas qui se présentent.

On peut ainsi arriver à connaître l'arrangement de ce qui existe dans l'espace. On obtiendrait des comparaisons de grandeur en observant la coïncidence de la main qui palpe, avec des parties ou des points de la surface des corps, ou la coïncidence de la rétine avec les parties ou les points de l'image produite sur la rétine.

De ce fait que la disposition observée dans l'espace dérive primitivement de la succession dans laquelle les qualités de la sensation s'offrent à l'organe en mouvement, il résulte que les objets présents dans l'espace nous paraissent revêtus des qualités de nos sensations. Ils nous paraissent être verts ou rouges, froids ou chauds, odorants ou savoureux, etc., tandis que ces qualités de la sensation n'appartiennent en réalité qu'à notre système nerveux et ne s'étendent nullement au delà; mais, même lorsque nous le savons, l'illusion ne disparaît pas, parce que cette illusion est en réalité la vérité primitive.

On peut donc remonter à l'origine des principes essentiels de la notion de l'espace. D'après l'opinion populaire, une notion paraît être au contraire une donnée simple, pour laquelle on n'a pas à chercher ou à réfléchir, et qui ne peut pas être analysée en d'autres phénomènes psychiques. Un certain nombre d'opticiens physiologistes se rangent à l'avis populaire, et les disciples fidèles de Kant l'adoptent au moins pour la notion de l'espace. On sait que Kant admettait non seulement que la forme générale de la notion de l'espace était donnée d'une manière transcendantale, mais qu'elle renfermait aussi de toute éternité, et avant toute expérience acquise, certaines définitions précises, telles qu'elles sont exprimées dans les axiomes de la géométrie, qu'on peut ramener aux propositions suivantes :

1° Entre deux points, une seule ligne peut être la plus courte; nous la nommons ligne droite.

2° Entre trois points quelconques, on peut établir un plan. Un plan est une surface, qui touche partout à toute ligne droite, lorsqu'elle coïncide avec deux points de cette ligne.

3° Tout point ne peut être traversé que par une seule ligne parallèle à une ligne droite donnée. Deux lignes droites sont parallèles

lorsqu'elles se trouvent dans le même plan et qu'elles peuvent être prolongées à l'infini sans se rencontrer.

Kant se sert du prétendu fait que ces propositions de la géométrie nous apparaissent comme nécessairement exactes, et que nous ne pouvons pas même nous faire une autre idée de l'espace, comme preuve qu'elles doivent avoir été acquises avant toute expérience, et que par conséquent la notion de l'espace qu'elles contiennent doit être une forme de notion transcendantale, indépendante de toute expérience.

A cause des discussions qui ont eu lieu pendant ces dernières années sur la question de savoir si les axiomes de la géométrie sont des propositions transcendantales ou expérimentales, je désire d'abord faire observer que cette question est absolument distincte de celle soulevée en premier lieu, à savoir si l'espace est une forme de notion transcendantale ou non.

Notre œil voit tout ce qu'il voit comme un agrégat de surfaces colorées dans le champ visuel; c'est là sa forme de perception. Les couleurs particulières qui apparaissent dans telle ou telle circonstance, leur combinaison et l'ordre dans lequel elles se suivent sont le résultat d'influences extérieures et ne sont pas déterminées par une loi de l'organisation. De même, de ce que l'espace est une forme de notion, on ne peut rien conclure relativement aux faits énoncés dans les propositions citées plus haut. Si ces propositions ne sont pas expérimentales, mais appartiennent à la forme nécessaires de la notion d'espace, ceci n'est qu'une définition plus précise de la forme générale de l'espace, et les raisons dont on peut conclure que la forme de la notion de l'espace est transcendantale ne suffisent pas nécessairement pour prouver en même temps que les axiomes ont aussi une origine transcendantale.

Kant était influencé par l'état de développement des mathématiques et de la physiologie des sens à son époque, lorsqu'il soutenait que des conditions de l'espace, en contradiction avec les axiomes d'Euclide, ne pouvaient pas même être imaginées, et lorsqu'il présentait la notion en général comme un phénomène psychique qu'on ne pouvait pas analyser.

Lorsqu'on veut chercher à se représenter une chose qui n'a jamais été vue, on doit savoir se figurer la série de sensations qui devraient se produire d'après les lois connues si l'on observait avec tous les sens l'objet en question et ses variations successives, de tous les points de vue possibles, et savoir que ces sensations devraient être de nature à exclure toute autre interprétation. Si cette série d'impressions

sur les sens peut être indiquée complètement de façon à n'être susceptible que d'une seule interprétation, on doit, d'après moi, déclarer qu'il est possible de se représenter la chose. Comme on suppose qu'elle n'a jamais encore été vue, aucune expérience antérieure ne peut venir à notre aide et diriger notre imagination vers la découverte de la série exigée de sensations; nous ne pouvons y parvenir que par la conception de l'objet ou du rapport que nous voulons nous représenter. Il s'agit donc en premier lieu de se former cette conception et de la spécialiser autant que le but indiqué l'exige. La conception de figures de l'espace ne s'accordant pas avec celles des notions ordinaires ne peut être développée avec certitude que par la géométrie analytique. En 1828, Gauss a le premier donné les moyens analytiques de résoudre ce problème, dans son traité sur la courbe des surfaces planes, et Riemann a employé ces moyens pour découvrir les systèmes de la géométrie logiquement possibles et conséquents avec eux-mêmes: on a donné à ces recherches le nom approprié de métamathématiques. Il est à noter en outre que Lobatschewski avait déjà composé (en 1829 et 1840) une géométrie sans la proposition des parallèles par les raisonnements synthétiques ordinaires, qui est parfaitement en accord avec les parties correspondantes des nouvelles recherches analytiques. Enfin Beltrami a indiqué une méthode de figuration d'espaces métamathématiques en divisions de l'espace d'Euclide, par laquelle il est assez facile de déterminer comment ces espaces apparaissent dans la vue perspective. Lipschitz a prouvé l'applicabilité des principes généraux de la mécanique à ces espaces, de sorte que la série de sensations auxquelles ils donneraient lieu peut être indiquée complètement, ce qui prouve la possibilité de se représenter ces espaces dans le sens que nous avons donné à cette expression.

Ici s'élèveront des objections. Comme preuve de la possibilité de se représenter une chose, je demande seulement qu'on puisse distinctement indiquer les sensations de chacun de nos organes, au besoin avec le secours de la connaissance des lois physiologiques, qui donneraient l'impression que l'objet ou les rapports qu'on veut se représenter existent réellement. Il est en effet indispensable d'être au fait des méthodes analytiques, des constructions perspectives et des phénomènes optiques pour pouvoir se représenter les rapports dans des espaces métamathématiques.

Ceci ne s'accorde pas avec l'idée qu'on se faisait jadis d'une notion, ne reconnaissant comme telle qu'une conception dont on devient conscient sans réflexion et sans effort dès qu'on ressent une impression des sens. Nos essais pour nous représenter des espaces mathé-

matiques n'ont pas en effet la facilité, la célérité, l'évidence en quelque sorte foudroyante avec lesquelles nous percevons par exemple la forme d'une chambre dans laquelle nous entrons pour la première fois, l'arrangement et la forme des objets qui s'y trouvent, les matières dont ils sont formés et bien d'autres choses. Si donc ce genre d'évidence était une propriété inhérente, nécessaire, de toute notion, nous ne pourrions pas prétendre jusqu'à présent que de pareils espaces peuvent être imaginés.

En réfléchissant, nous trouvons une foule de cas qui prouvent que la sûreté et la célérité avec lesquelles certaines idées se forment à la suite de certaines impressions peuvent être acquises même lorsqu'il n'existe aucun lien naturel entre elles. La connaissance de notre langue maternelle en est un des exemples les plus frappants. Les mots sont des signes choisis arbitrairement au hasard, chaque langue a les siens, la connaissance n'en est pas héréditaire, car l'allemand serait une langue étrangère pour un enfant allemand grandi parmi des Français et qui n'aurait jamais entendu parler allemand. L'enfant n'apprend à connaître la signification des mots et des phrases que par des exemples, et, avant qu'il comprenne la langue, on ne peut pas même lui faire savoir que les sons qu'il entend sont des signes ayant une signification. Il finit par comprendre ces mots et ces phrases sans réflexion, sans effort, sans savoir quand, où et par quels exemples il les a appris; il saisit les nuances les plus fines de leur signification, même celles dont il serait fort en peine de donner une définition logique.

Il est inutile de citer beaucoup d'exemples de phénomèmes pareils, la vie journalière nous en offre abondamment. L'art, surtout la poésie et les arts figuratifs sont pour ainsi dire basés là-dessus. Le genre le plus élevé de notion que nous trouvons dans la manière de voir de l'artiste est une conception d'un nouveau type latent ou agissant de l'homme et de la nature. Lorsque des observations souvent répétées laissent dans notre souvenir des traces similaires, ce sont les traits qu'on rencontre le plus régulièrement qui se reproduisent le plus régulièrement, tandis que ce qui varie au hasard s'efface de notre mémoire. Il reste ainsi à l'observateur sympathique et attentif une image de toutes les qualités importantes et typiques des objets qui l'ont intéressé, et, de même que l'enfant ne peut expliquer par quels exemples il a appris à connaître la signification des mots, l'artiste ne sait pas plus tard comment cette image s'est formée. Il prouve qu'il a bien vu, lorsque la reproduction qu'il en fait, dépouillée d'altérations accidentelles, nous donne l'impression de la vérité. Sa supériorité con-

siste à savoir saisir cette image au milieu de toutes les additions fortuites et de toutes les circonstances susceptibles de la troubler.

Nous ne citons que ces faits pour rappeler comment ce processus psychique se répète depuis les degrés inférieurs jusqu'au degré le plus élevé du développement de notre vie intellectuelle. Dans mes travaux antérieurs, j'ai nommé « conclusions inconscientes » les liaisons d'idées qui se produisent dans ces occasions ; inconscientes pour autant que le majeur est formé par une série d'expériences dont le détail est effacé depuis longtemps de la mémoire, et dont nous n'avons été conscients que sous la forme de perceptions des sens, sans qu'elles fussent nécessairement formulées par des mots. L'impression nouvelle faite sur les sens par une observation actuelle forme le mineur, auquel nous appliquons la règle acquise par les observations antérieures. Plus tard, j'ai laissé de côté ce nom de conclusions inconscientes, pour éviter toute confusion avec l'idée, d'après moi, ni claire ni justifiée, que Schopenhauer et ses disciples désignent par ce même nom, et qui n'est que le processus élémentaire formant la base de ce que nous appelons le raisonnement quand même il y manque encore l'épuration critique et le complément de détails nécessaires à la formation scientifique des idées et des conclusions.

Pour revenir à la question de l'origine des axiomes géométriques, par suite du manque d'exercice, la difficulté d'imaginer des conditions d'espace métamathématiques ne peut donc pas être invoquée comme une preuve contre la possibilité de les imaginer. Au reste, l'imaginabilité peut parfaitement être prouvée. La preuve invoquée par Kant en faveur de la nature transcendantale des axiomes géométriques est donc infirmée. D'un autre côté, l'examen des faits montre que les axiomes géométriques pris dans le sens selon lequel seul ils peuvent être appliqués au monde réel — quoique vérifiés, prouvés par l'expérience — peuvent éventuellement aussi être combattus.

Les souvenirs d'expériences antérieures jouent aussi un rôle fort important dans l'investigation de notre champ visuel.

Sans mouvoir les yeux, soit pendant un éclairage momentané par une décharge électrique, soit en tenant volontairement les yeux fixés sur un même point, un observateur quelque peu exercé obtient une image relativement complète des objets qui se trouvent devant lui. Cependant un homme adulte s'aperçoit facilement que pour lui aussi cette image devient encore plus complète et surtout plus exacte, lorsqu'il promène ses regards dans le champ visuel et qu'il emploie ainsi le genre d'observation de l'espace que j'ai décrit comme fondamental. En réalité, nous avons tellement l'habitude de promener

nos regards sur les objets que nous observons, qu'il faut passablement d'exercice pour arriver à les fixer pendant quelque temps sur un seul point, pour faire des expériences optico-physiologiques. J'ai tâché d'expliquer dans mes travaux comment notre connaissance du champ visuel peut être acquise par l'observation des images, en mouvant les yeux, pourvu qu'il y ait, entre des impressions de la rétine qualitativement pareilles, une dissemblance quelconque correspondant à la dissemblance d'endroits différents de la rétine. D'après la terminologie de Lotze, pareille dissemblance doit être appelée un signe local (Localzeichen), mais il n'est pas nécessaire de se rendre compte dès l'abord que ce signe est un signe local, c'est-à-dire qu'il correspond à une dissemblance locale. De nouvelles observations ont encore récemment confirmé que des personnes devenues aveugles dans leur jeunesse, et ayant recouvré plus tard la vue par une opération, ne pouvaient au commencement pas même distinguer par la vue des formes aussi simples qu'un carré et un cercle, avant de les avoir palpées. De plus, les recherches physiologiques montrent que nous ne pouvons faire à l'aide de l'œil des comparaisons relativement exactes et sûres qu'entre les lignes et les angles compris dans le champ visuel, dont les images peuvent se former rapidement les unes après les autres sur les mêmes endroits de la rétine par suite des mouvements normaux des yeux. Et nous apprécions beaucoup plus sûrement les véritables grandeurs et distances des objets rapprochés, que les grandeurs et les distances perspectives dans le champ visuel de l'observateur, variant d'après sa position, quoique le premier problème se rapportant à trois dimensions de l'espace soit beaucoup plus compliqué que le second, dans lequel il ne s'agit que d'une image plane. Une des plus grandes difficultés du dessin est, comme chacun sait, de s'affranchir de l'influence que l'idée de la véritable grandeur des objets observés exerce involontairement.

Ce que nous venons de dire est exactement ce qui doit se produire si nous n'avons acquis que par l'expérience la compréhension des signes locaux. Pour ce qui reste objectivement invariable, nous pouvons apprendre beaucoup plus facilement à reconnaître les signes variables, perceptibles aux sens, que pour ce qui varie même à chaque mouvement de notre corps, comme les images perspectives.

Pour un grand nombre de physiologistes qui se rangent à ce que nous pouvons appeler la « théorie de l'inné », par opposition à « la théorie de l'empirique » que j'ai cherché à défendre, cette idée d'une connaissance acquise du champ visuel paraît inacceptable,

parce qu'ils ne se rendent pas compte de l'influence que peuvent avoir des souvenirs accumulés, si clairement reconnaissable pourtant dans l'exemple de la langue maternelle. On a essayé par conséquent de différentes manières de ramener au moins une partie des perceptions visuelles à un mécanisme apporté en naissant, en ce sens que telle sensation déterminée doit appeler telle notion de l'espace toute prête. Ailleurs j'ai prouvé en détail que toutes les hypothèses mises en avant jusqu'à présent ne suffisent pas, parce que finalement on peut toujours trouver des cas dans lesquels notre observation visuelle concorde plus exactement avec la réalité qu'elle ne le ferait d'après ces suppositions. On est donc forcé d'accepter cette autre hypothèse que l'expérience acquise grâce aux mouvements pourrait finalement vaincre la notion native, et qu'elle pourrait faire ainsi, malgré cette notion, ce qu'elle ferait sans avoir à vaincre cet obstacle, d'après la théorie empirique.

La théorie de l'inné, en ce qui concerne la connaissance du champ visuel, n'explique donc rien; elle admet simplement que le fait qui doit être expliqué existe, en niant en même temps la possibilité de le ramener à des processus psychiques dûment constatés, qu'elle est forcée d'invoquer elle-même dans d'autres cas.

En second lieu, l'admission de la théorie de l'inné d'après laquelle des figurations toutes prêtes d'objets seraient produites par le mécanisme organique paraît beaucoup plus risquée que l'admission de la théorie empirique d'après laquelle le matériel incompris des sensations provient seulement des impressions extérieures, tandis que toutes les figurations sont formées de ce matériel, d'après les lois de la pensée.

En troisième lieu, la théorie de l'inné est superflue. La seule objection qu'on puisse faire à la théorie empirique est la sûreté de mouvements de beaucoup d'animaux à peine nés ou sortis de l'œuf. Plus leur intelligence restera bornée, plus vite ils apprennent tout ce qu'ils peuvent apprendre. Plus les chemins que leurs idées doivent parcourir sont étroits, plus ils apprennent facilement à les connaître. L'enfant nouveau-né est excessivement inhabile à voir; il lui faut plusieurs jours pour apprendre à discerner, d'après l'image visuelle, la direction dans laquelle il doit tourner la tête pour trouver le sein de sa mère. Les animaux nouveau-nés sont assurément plus indépendants de l'expérience individuelle. Mais nous ne savons pour ainsi dire encore rien de cet instinct qui les guide; nous ignorons si l'hérédité directe du cercle d'idées des parents est possible, s'il ne s'agit que de bien-être et de malaise ou bien d'une pression motrice

se rattachant à certains agrégats de sensations. Chez l'homme, on trouve encore des restes de ces derniers phénomènes. Il serait très désirable qu'on fît à cet égard des observations précises et bien ordonnées.

On pourrait donc tout au plus attribuer à des mécanismes tels que les suppose la théorie de l'inné une valeur pédagogique, facilitant la découverte des premières conditions normales. La théorie empirique pourrait aussi se concilier avec des hypothèses de ce genre, par exemple que les signes locaux de points voisins de la rétine se ressemblent plus entre eux que ceux de points éloignés les uns des autres, que les signes locaux de points correspondants des deux rétines se ressemblent plus que ceux de points asymétriques, etc.

En ce moment, il nous suffit de savoir qu'un aveugle peut se former une idée complète de l'espace, et que, quand même la théorie de l'inné serait en partie justifiée, la détermination finale et exacte des proportions de l'espace dépend, même chez les voyants, des observations faites en se transportant d'un endroit à un autre.

Je reviens aux premiers faits originels de notre observation. Nous avons vu que nous n'avons pas seulement des sensations diverses qui s'imposent à nous sans que nous y contribuions en rien, mais que nous observons aussi en exerçant une activité continuelle, et que nous arrivons ainsi à la connaissance de l'existence d'un rapport régulier entre nos innervations et le devenir des différentes impressions du cercle des actualités temporaires. Chacun des mouvements volontaires par lesquels nous changeons l'aspect des objets doit être considéré comme une expérience par laquelle nous contrôlons si nous avons bien interprété les conditions normales de l'apparition en question, c'est-à-dire l'existence que nous lui attribuons dans un espace déterminé.

La force convaincante d'une expérience est surtout beaucoup plus grande que celle d'une observation, à laquelle nous n'aidons en rien, parce que dans chaque expérience nous devenons conscients de la chaîne des causes. Une de ces causes, l'impulsion de notre volonté, nous est connue par l'étude de nous-mêmes, et nous savons quels motifs produisent cette impulsion. De ce point connu et à un moment connu commence donc à agir la chaîne des causes physiques, qui amène le résultat de l'expérience. Mais, pour que le résultat soit net, il importe que l'impulsion de notre volonté ne soit pas déjà influencée par des causes physiques, qui détermineraient en même temps le processus physique, ni qu'elle ait de son côté une influence psychique sur les observations à faire.

Cette dernière supposition surtout peut se présenter dans l'étude qui nous occupe. L'impulsion de la volonté pour exécuter un mouvement donné est un acte psychique ; il en est de même du changement de sensation observé après cette impulsion. Est-ce que le premier acte ne peut pas donner naissance au second rien que par des moyens psychiques ? Ceci n'est pas impossible. Quand nous rêvons, il arrive quelque chose de ce genre. En rêvant, nous croyons faire un mouvement, et nous rêvons ensuite que ce qui serait la conséquence naturelle de ce mouvement arrive. Nous rêvons que nous entrons dans un bateau, que nous le repoussons de la rive, que nous glissons sur l'eau, que nous voyons fuir les objets riverains, etc. Dans ce cas, l'attente du rêveur de voir s'effectuer les conséquences de ses actions paraît amener l'observation rêvée, par des moyens purement psychiques. Qui peut dire combien de temps pourrait durer un rêve pareil, combien de menus détails amenés logiquement pourraient s'y placer? Si tout y arrivait exactement d'après les lois de la nature, il n'y aurait pas d'autre différence avec l'état de veille que la possibilité du réveil et par suite la rupture de cette série rêvée de notions.

Je ne vois pas comment on pourrait réfuter un système même de l'idéalisme subjectif le plus extrême, d'après lequel la vie serait considérée comme un rêve. On pourrait déclarer ce système aussi peu probable, aussi peu satisfaisant que possible. J'admets les plus fortes expressions en ce sens ; mais on pourrait le soutenir logiquement ; et il me paraît très important de ne pas perdre ceci de vue. On sait avec combien d'esprit Calderon a soutenu cette thèse dans : *La vie est un rêve.*

Fichte aussi admet que le moi crée lui-même le non-moi, c'est-à-dire le monde apparent, parce qu'il en a besoin pour le développement de son activité psychique. L'idéalisme de Fichte se distingue cependant de celui que nous venons de décrire, en ce qu'il considère les autres individus humains non comme des visions, mais, d'après le verdict de la loi morale, comme des êtres pareils au moi propre. Mais leurs images devant toutes concorder en ceci qu'elles représentent le non-moi, il interpréta tous les « moi » individuels comme des parties ou des émanations du moi absolu. Le monde dans lequel ces images se trouvent serait ainsi le monde de la pensée, créé par l'intelligence universelle, et il pourrait de nouveau adopter l'idée de la réalité, comme cela se fit chez Hegel.

L'hypothèse réaliste au contraire accepte le verdict de l'observation personnelle ordinaire, d'après lequel les variations dans les sen-

sations survenant après une action n'ont aucun lien psychique avec l'impulsion de volonté qui les a précédées. Elle considère comme existant, indépendamment de notre pensée, ce qui se fait connaître ainsi dans l'observation journalière : le monde matériel en dehors de nous. Indubitablement, l'hypothèse réaliste est la plus simple que nous puissions former, éprouvée et confirmée par des applications innombrables, et pouvant servir à cause de cela comme base de nos actions.

Dans l'hypothèse idéaliste, nous ne saurions guère exprimer la loi qui régit nos sensations qu'en disant : « Les actes conscients se présentant avec le caractère de l'observation se passent *comme si* le monde des choses matérielles, accepté par l'hypothèse réaliste, existait réellement. » Mais nous ne pouvons pas aller au delà de ce *comme si ;* nous ne pouvons reconnaître l'opinion réaliste que comme une hypothèse très utilisable et très précise ; nous ne pouvons pas lui attribuer une vérité nécessaire, parce que d'autres hypothèses idéalistes irréfutables sont encore possibles à côté d'elle.

Il est bon d'avoir ceci constamment présent à l'esprit, pour ne pas vouloir déduire des faits plus qu'il ne s'en laisse déduire en réalité. Les différentes gradations d'opinions idéalistes et réalistes sont des hypothèses métaphysiques, qui ont droit d'exister de par la science, tant qu'elles sont considérées comme telles, quelque nuisibles qu'elles puissent devenir lorsqu'on voudrait en faire des dogmes ou les présenter comme des idées transcendantales. La science doit étudier toutes les hypothèses admissibles pour avoir une idée complète de toutes les explications possibles. Pour l'action, les hypothèses sont encore plus nécessaires, parce qu'on ne peut pas toujours attendre jusqu'à ce qu'une certitude scientifique ait été obtenue, et qu'on doit prendre une décision, soit d'après la possibilité, soit d'après le sentiment esthétique ou moral. En ce sens encore, on n'aurait rien à objecter contre les hypothèses métaphysiques. Mais il serait indigne d'un penseur, voulant passer pour un homme scientifique, d'oublier l'origine hypothétique de ses thèses. L'orgueil et la passion qu'on met à défendre ces hypothèses travesties proviennent ordinairement de ce que, dans les profondeurs de sa conscience, leur champion n'est pas complètement assuré du bon droit de sa cause.

Mais ce que nous pouvons trouver sans double interprétation possible, et comme un fait auquel ne se mêle aucune hypothèse, c'est la loi qui régit les phénomènes. Dès que nous observons, en marchant, des objets stables, disséminés dans l'espace, nous reconnaissons un rapport normal entre nos mouvements et les sensations qu'ils font naître. Les premières notions élémentaires contiennent donc déjà

une pensée et se développent d'après les lois de la pensée. Tout ce qui dans la notion appartient au matériel brut des sensations peut être résolu en pensées, si nous étendons la signification de *penser* autant que nous l'avons fait plus haut.

De même que, pour former une classe d'objets, nous recherchons et nous rassemblons les caractères qu'ils ont en commun, nous recherchons d'une manière tout analogue, dans une série de phénomènes variant dans le temps, ce qui reste immuable dans toutes leurs phases. Schiller dit que le sage cherche la loi stable dans les faits stupéfiants du hasard, et le pôle fixe dans la succession des phénomènes.

Nous nommons *matière* ce qui reste le même dans tous les temps sans dépendance de toute autre chose. Nous nommons le rapport constant entre des grandeurs variables : la loi qui les unit. Ce n'est que cette loi que nous observons directement. L'idée de la matière ne peut être acquise que par des expériences difficiles, et elle reste toujours problématique, en tant que d'autres expériences sont réservées. Jadis la lumière et la chaleur étaient comptées pour des matières, et cela dura jusqu'à ce qu'il fût prouvé que ce sont des formes passagères du mouvement, et nous devons toujours nous attendre encore à d'autres décompositions des éléments chimiques connus jusqu'à présent. Le premier produit de la pensée réfléchissant sur les phénomènes est la découverte de la loi qui les régit. Si nous l'avons bien discernée, si nous l'avons complètement et exactement délimitée et en même temps formulée en termes si généraux que l'application ne peut être douteuse dans aucun cas, et qu'en même temps nous nous convainquons qu'elle a été confirmée et qu'elle sera confirmée dans tous les temps et dans toutes les circonstances, nous la reconnaissons comme existant indépendamment de notre pensée, et nous l'appelons la cause première, c'est-à-dire ce qui existe originellement et persiste en dehors des variations; ce n'est qu'en ce sens que d'après moi l'emploi de ce mot est justifié, quoique dans le langage populaire on s'en serve généralement dans le sens très étendu d'antécédent ou de motif. Autant donc que nous reconnaissons la loi comme quelque chose qui rend nécessaire notre sensation et l'issue du processus physique, comme une puissance d'égale valeur que notre volonté, nous l'appelons une force. Cette idée d'une puissance vis-à-vis de nous dépend directement de la manière dont se forment nos plus simples observations. Dès le commencement, les changements que nous produisons par des actes de notre volonté se séparent de ceux sur lesquels notre volonté n'a pas de prise. C'est sur-

tout la douleur qui nous enseigne de la manière la plus persuasive la puissance de la réalité. Le fait qu'ici le cercle observé d'actualités n'est pas créé par un acte conscient de notre pensée ou de notre volonté se révèle énergiquement. Le non-moi de Fichte est ici l'expression négative la plus exacte. Ce que le rêveur croit voir ou ressentir lui apparaît aussi comme étant indépendant de sa volonté ou de l'enchaînement conscient de ses idées, quoiqu'inconsciemment cet enchaînement pourrait souvent donner lieu à ses sensations; vis-à-vis de lui aussi, il y un non-moi. Il y en a un aussi pour l'idéaliste, qui le considère comme le monde de la pensée de l'intelligence universelle.

Pour celui qui fait un rêve s'enchaînant logiquement, nous devons aussi désigner comme agissant et comme réels les états psychiques, que lui font ressentir temporairement les sensations en accord normal avec la situation présente de son monde rêvé. D'un autre côté, il est clair qu'une distinction entre le monde pensé et le monde réel ne devient possible que lorsque nous savons faire la distinction entre ce que le moi peut et ne peut pas changer. Mais cette dernière distinction ne devient possible que lorsque nous connaissons les conséquences normales des impulsions de la volonté à un moment donné. La conformité à la loi est donc la première condition à connaître pour déterminer le caractère du réel.

Je n'ai pas besoin d'expliquer que c'est faire une *contradictio in adjecto* de vouloir représenter par des définitions positives le réel ou « la chose en soi » de Kant, sans cependant vouloir l'admettre dans la forme de notre pensée. Cela a été dit souvent. Ce à quoi nous pouvons arriver, c'est à la connaissance de l'ordre dans le domaine du réel, ordre constaté uniquement, il est vrai, dans l'ensemble des signes de nos sensations.

« Tout ce qui périt n'est qu'une apparence, » dit Gœthe, et je m'estime heureux de me rencontrer ici avec lui. Quand il s'agit de vues larges, nous pouvons avoir confiance dans sa perception claire et impartiale de la vérité. Il voulait que la science ne fût qu'un arrangement artistique des faits et ne s'efforçât pas à formuler des idées abstraites, qui ne lui paraissaient être que des mots vides de sens, ne servant qu'à « obscurcir » les faits. G. Kirchkoff prétendit aussi récemment que la tâche de la mécanique, la plus abstraite des sciences physiques, était de décrire de la manière la plus simple et la plus complète les mouvements qui se produisent dans la nature. Quant à « obscurcir », cette accusation est fondée, si nous nous arrêtons au domaine des idées abstraites, et si nous ne nous en expliquons pas le sens réel, c'est-à-dire si nous ne cherchons pas quelles nouvelles lois

observables en découlent. Chaque hypothèse bien formulée représente, d'après sa signification réelle, une loi plus générale des phénomènes, que celles que nous avons observées jusqu'à présent directement ; elle est un essai pour s'élever jusqu'à un ordre toujours plus général et plus large. Les faits nouveaux qu'elle suppose doivent être contrôlés et confirmés par l'observation et l'expérimentation. Les hypothèses qui n'ont pas cette signification réelle ou qui ne donnent pas des définitions sûres et sans double interprétation possible pour les faits auxquels elles s'adressent ne peuvent être considérées que comme des phrases sans valeur.

A chaque essai de ramener les phénomènes aux matières et aux forces qui en sont la base, on prétend avoir trouvé quelque chose d'immuable et de concluant. Nous n'avons pas le droit d'avoir une prétention aussi absolue; cela nous est interdit par les lacunes de la science et par la nature des inductions, sur lesquelles repose dès le commencement notre observation du monde réel.

Chaque induction est basée sur la croyance que des conditions en accord avec des lois, observées jusqu'à présent, se retrouveront dans tous les cas qui n'ont pas encore été observés. C'est donc la confiance dans la conformité à la loi dans tous les événements. Cette conformité à la loi est la condition de leur intelligibilité. La confiance dans la conformité à la loi est donc en même temps la confiance dans l'intelligibilité des phénomènes physiques. Si nous supposons que nous puissions arriver à l'intelligence complète, que nous puissions établir finalement quelque chose d'invariable comme cause des changements observés, alors nous nommons le principe régulateur de notre pensée, qui nous conduit en ce sens : la loi causale. Nous pourrions dire qu'elle exprime la confiance dans l'intelligibilité complète de l'univers. Le « comprendre », dans le sens que je lui donne, est la méthode au moyen de laquelle notre pensée dompte le monde, coordonne les faits et prédit l'avenir. C'est le droit et le devoir de la pensée d'appliquer cette méthode à tout ce qui se présente, et elle a véritablement déjà obtenu de grands résultats dans cette voie. Cependant nous n'avons pas d'autre garantie que la réussite pour l'applicabilité de la loi causale. Nous pourrions vivre dans un monde dans lequel tous les atomes seraient différents et dans lequel il n'y aurait rien de stable. Dans un pareil monde, il n'y aurait aucune régularité, et notre activité pensante devrait s'arrêter.

La loi causale est véritablement une loi transcendantale, donnée *à priori*. Il n'est pas possible d'en donner la preuve par l'expérimentation ; car les premiers pas de l'expérimentation sont impossibles,

comme nous l'avons vu, sans avoir recours aux inductions, c'est-à-dire sans la loi causale. Et quand même une expérimentation complète enseignerait que tout ce qui a été observé jusqu'à présent s'est passé conformément à la loi, — ce que nous ne sommes encore nullement autorisés à affirmer, — on ne pourrait jamais qu'en conclure par induction, c'est-à-dire en présupposant la loi causale, qu'à l'avenir aussi la loi causale sera valable. Il n'y a qu'un seul conseil à donner ici : Ayez confiance et agissez !

Ce que nous connaissons insuffisamment devient alors la réalité.

Voilà la réponse que nous avons à donner à la question : Qu'y a-t-il de vrai dans nos perceptions ? Nous n'avons pas abandonné la base du système de Kant dans ce qui m'a toujours paru le progrès le plus réel dans sa philosophie. J'ai souvent fait ressortir la concordance de la physiologie moderne des sens avec les théories de Kant ; mais je n'ai pas entendu dire par là que, dans tous les points moins importants, je voudrais jurer par le maître. Je crois devoir considérer comme le progrès le plus réel des dernières années l'analyse de l'idée de la notion dans les procédés élémentaires de la pensée, ce que nous ne trouvons pas encore chez Kant ; de là vient son interprétation des axiomes de la géométrie comme propositions transcendantales. Ce furent surtout les études physiologiques sur les perceptions des sens qui nous conduisirent jusqu'aux faits élémentaires de la certitude, lesquels, ne pouvant encore être exprimés en paroles, devaient rester inconnus et inaccessibles à la philosphie, aussi longtemps que celle-ci n'étudiait que les faits trouvant leur expression dans la langue.

Il est vrai que ce que nous avons considéré comme une erreur, attribuable au développement imparfait des sciences spéciales, paraît être justement ce qu'il y a de plus essentiel dans la philosophie de Kant, pour ceux qui ont conservé un penchant pour les spéculations métaphysiques. La preuve invoquée par Kant en faveur de la possibilité d'une métaphysique (et lui-même il ne sut rien découvrir de plus concernant cette prétendue science) est fondée uniquement sur l'opinion que les axiomes de la géométrie et les principes connexes de la mécanique sont des propositions transcendantales, données *à priori*. Au reste, tout son système contredit au fond l'existence de la métaphysique, et c'est là l'origine des points obscurs de sa théorie de la certitude, sur l'interprétation de laquelle on a tant discuté.

Les sciences naturelles ont donc, d'après tout cela, une base solide, et en s'y tenant leurs disciples peuvent chercher les lois de la réalité,

— champ de travail merveilleusement riche et fertile. Tant qu'ils se bornent à cette œuvre, les doutes des idéalistes ne les atteignent pas.

Le véritable savant doit toujours avoir le coup d'œil de l'artiste, ce coup d'œil qui conduisit également Gœthe et Leonardo da Vinci vers de grandes pensées scientifiques. L'artiste et le savant s'efforcent, quoique par des moyens différents, d'atteindre le même but, la découverte de nouvelles lois. Seulement on ne doit pas vouloir faire passer pour un coup d'œil artistique ce qui n'est que de la sentimentalité creuse et de l'imagination déréglée. Le véritable artiste et le véritable savant connaissent le travail sérieux, et ils impriment à leurs œuvres une forme durable et le cachet de la vérité.

De pareils travaux peuvent paraître modestes en comparaison des hautes visées du métaphysicien; cependant jusqu'ici la réalité s'est dévoilée devant le savant qui scrute patiemment ses lois, toujours plus splendide et plus sublime que les efforts extrêmes de l'imagination mystique et de la spéculation métaphysique n'ont su la peindre. Que signifient toutes les extravagances monstrueuses du mysticisme asiatique, toutes ces accumulations de dimensions et de nombres exorbitants à côté de la réalité de l'univers, à côté des époques pendant lesquelles le soleil et la terre se constituèrent, pendant lesquelles la vie se développa dans les périodes géologiques, s'adaptant par des formes toujours plus parfaites à l'état physique plus calme de notre planète?

Quelle métaphysique a fait éclore l'idée d'influences telles que l'aimant et les courants exercent l'un sur l'autre, influences que la physique n'a pas encore réussi jusqu'à présent à analyser d'une manière précise. Mais déjà la lumière aussi paraît n'être qu'une autre forme de mouvement, et l'on découvre à l'éther qui remplit l'espace des propriétés caractéristiques toutes nouvelles comme médium magnétisable et électrisable.

Et dans quel système de philosophie scolastique trouverons-nous une place pour cette provision d'énergie active, dont la persistance est prouvée par la loi de la conservation de la force, cette énergie qui, indestructible et ne pouvant être augmentée comme matière, agit comme force d'impulsion dans chaque mouvement de la matière vivante et non vivante, Protée se revêtant toujours de nouvelles formes, agissant dans l'espace infini, représentant ce qui agit dans chaque action, ce qui se meut dans chaque mouvement, et ce qui n'est pourtant ni esprit ni matière?

Nous, atomes de poussière sur notre planète, qui elle-même peut être considérée comme un grain de sable dans l'étendue infinie de

l'univers, nous derniers-nés parmi les vivants sur la terre, à peine sortis du berceau d'après la chronologie géologique, encore dans la phase de l'apprentissage, à peine à moitié éduqués, nous déclarant majeurs par comparaison, et réellement déjà supérieurs à toutes les autres créatures, et les domptant dans la lutte pour l'existence, nous avons vraiment assez de raisons pour être fiers de ce qu'il nous est donné d'apprendre à interpréter peu à peu, par des travaux sincères, « les œuvres les plus sublimes, » et nous n'avons nullement à rougir si nous n'y parvenons pas par le premier effort d'un vol entrepris avec des ailes d'Icare.

HELMHOLTZ.

LES IDÉES DES CHINOIS SUR L'HÉRÉDITÉ ET L'ÉDUCATION [1]

L'homme doit sa forme à l'union de l'essence primitive du ciel et de la terre. Tout espace renferme cette essence et est rempli d'objets. L'homme est fait de la plus pure partie de cette essence ; les diverses autres choses sont faites des parties inférieures, qui forment, dispersées çà et là au hasard, les diverses combinaisons d'où se sont développés les mammifères, les ovipares et les autres classes d'animaux, l'homme restant toujours la seule créature intelligente. Les hommes, ainsi formés, étant semblables, nous sommes dans l'impossibilité d'expliquer pourquoi les enfants des lettrés et des grands fonctionnaires sont, dans la plupart des cas, si extraordinairement intelligents, pendant que les enfants des agriculteurs restent, toute leur vie, rustres et communs. Jetez les yeux sur les hommes de ces deux classes, et la différence qu'il y a entre eux vous sera aussitôt sensible ; et, si vous entrez chez eux, vous remarquerez la même différence entre leurs parents. Nous trouvons ainsi que l'essence primitive ne peut être tout à fait pure. Si elle est trouble, la forme est lourde ; pure, elle est légère. Voilà comment les hommes sont intelligents ou stupides. Par le fait de l'hérédité, les gens de la classe lettrée sont toujours brillants et habiles, et atteignent aisément la perfection dans leurs études ; mais une famille d'agriculteurs qui essaye de changer de profession et se met à étudier n'obtient jamais la renommée. Nous trouvons dans ce fait l'indication d'un moyen pour tirer de la masse les hommes de talent. Les hommes du Nord brillent peu : à l'honnêteté des sentiments, ils joignent la lourdeur de l'esprit, la rudesse des manières et la franchise brutale du langage ; mais ceux du Midi se font remarquer par de plus brillantes qualités : ils sont plus intelligents, plus polis et plus ingénieux. Toutefois, l'on ne peut dire que l'éclat des uns et la lourdeur des autres dépendent entièrement de la localité. Les hommes brillants, faciles à instruire, sont nombreux dans le nord, tandis que les sots, les ignorants, ne sont pas rares dans le midi, et l'on risquerait fort de se tromper, si l'on ne s'en rapportait qu'à la physionomie dans le choix

1. Extrait du *Journ. of the anthrop. Instit. of great Britain and Ireland*. Traduit du chinois.

à faire des hommes. A Anhui, une mendiante a enseigné à son chien à mendier pour elle, et ce chien entre dans les maisons et s'assied, demandant l'aumône, — et les chiens ne sont-ils pas des brutes ? Les escamoteurs ambulants portent partout des singes qu'ils habillent en hommes, et, si l'on ne leur donne pas assez d'argent, les animaux refusent de se livrer à leurs exercices, — et les singes ne sont-ils pas des brutes? Les chiens répondent à un certain appel, les chats à un autre, et les poules de bambou comprennent les signes, — et ne sont-ce pas tous des brutes? Ces animaux sont formés des portions éparses et inférieures de l'essence primitive. Comment se fait-il donc que l'homme, formé de l'union de la plus pure essence du ciel et de la terre, soit si souvent absolument incapable d'instruction? Dans l'antiquité, on classait les hommes en hommes supérieurs et en rustres, non parce qu'ils différaient de naissance, mais parce que leurs occupations et leurs devoirs étaient dissemblables. Si ce n'était ainsi, qu'est-ce qui eût pu donner lieu à cette classification, à cet exposé de la nature de l'homme, cette nature étant originellement bonne? Ou serait-ce parce que les uns sont nés bons, et que les autres ont besoin d'instruction pour le devenir? Cependant nous n'affirmons pas que les grands et les lettrés ont toujours d'excellents fils. On voit parfois de jeunes gentilshommes, aux cheveux noirs comme du jais et polis à s'y mirer, à la peau blanche, aux sourcils en pinceau et aux yeux intelligents. Leurs pères sont des hommes d'une profonde érudition, ou les descendants d'anciennes familles; leurs mères aussi sont de noble origine, ou se sont mariées jeunes; l'argent ne manque pas au jeune homme, objet de grandes espérances; sa mise et son air distingué en font un homme éminent dans la foule; des professeurs lui sont donnés, des pères veillent sur lui, et l'on n'épargne ni la peine ni la dépense. Cependant, lorsqu'il paraît en public, on le trouve dépourvu de toute trace de savoir; il est incapable de répondre, si on le questionne, et il se conduit comme s'il ne voyait ni n'entendait rien. D'un autre côté, voici le villageois qui bêche et pioche pour gagner sa vie, qui ne compte pas un seul lettré parmi ses parents, et qui n'a d'autre maître à qui demander son instruction qu'un vieux bonhomme d'instituteur. Dans sa localité, il devient bientôt fameux : on le regarde comme un oracle, et sa famille lui conseille de se dévouer exclusivement à l'étude. Quelques années après, il se fait un nom, devient illustre comme fonctionnaire, ou célèbre comme lettré; mais il ressemble toujours, par ses dehors, à un pâtre ou à un gardeur de dindons : les cheveux en désordre, la face jaune, la peau brune et la démarche lourde du paysan, exactement comme ses

ancêtres. Cela n'est-il pas étrange et surprenant? Les hérésies et les extravagances de notre temps ne viennent que du défaut d'instruction, défaut qui nous met dans l'impossibilité de corriger nos erreurs. Les riches et les lettrés font tous donner aux plus jeunes membres de leurs familles une instruction complète, ou qui du moins paraît telle. Mais les villageois se montrent fort rebelles à l'instruction et négligent de faire instruire les leurs, si bien que l'instruction n'est jamais complète même en apparence. L'instruction religieuse, qui se donne aux hommes consacrés au culte, ne fut jamais destinée à une seule classe; mais cette instruction est éteinte, et il n'en reste plus que le nom sans la chose. De là la propagation de l'hérésie! L'instruction n'est pas le libre examen, et c'est ainsi, c'est en la faisant telle, que les hommes doutent, que les méchants les séduisent, et que le peuple s'enfonce plus avant que jamais dans l'erreur. Si l'antiquité nous était parvenue avec son système de répartition, ses écoles, ses fêtes, son tir à l'arc et ses études, les supérieurs connaîtraient les cérémonies et la poésie, et les villageois respecteraient leurs princes et leurs prêtres. Si l'on dit que l'homme éminent seul est susceptible d'instruction et que le sot en est incapable, comment se fait-il que l'hérésie n'ait jamais existé au temps des trois dynasties? Pour descendre la série des âges jusqu'à nous, chaque localité a ses fonctionnaires locaux, grands et petits, auxquels toutes choses se rapportent, qui sont responsables de tout, et dont les ordres sont rigoureux et sévères, comme cela s'est vu dans les émeutes de Ch'ii-shan et d'ailleurs, chez les faiseurs de miracles à Maukin, ou l'imposteur Wang dans Kwang-tung, — tous cogne-fétu et sots de village. Si l'on prétend que ces gens sont trop stupides pour être susceptibles d'instruction ou pour qu'il vaille la peine qu'on les instruise, d'où leur vient l'audace, la témérité de nourrir des ressentiments et d'agir avec cette insouciance? Si ce sont de stupides villageois, incapables d'instruction, pourquoi écoutent-ils ce qu'ils ne devraient point écouter, et croient-ils fermement, et montrent-ils une ardente conviction? Ainsi l'essence primitive trouble et lourde produit et l'homme intelligent et le sot. Ceux que l'instruction ne peut atteindre deviennent des rebelles, s'ils sont forts, et tournent à la magie et au scepticisme, s'ils sont faibles; ceux-là aussi sont traités d'une manière peu convenable, qui n'ont point enfreint la loi, et, néanmoins, sont punis pour des fautes légères, quoiqu'ils n'aient point été instruits. Cependant ces sots, ces gens qui ne sont point susceptibles d'instruction sont émus jusqu'aux larmes à la vue d'actes de loyauté, de piété filiale, de chasteté, de justice, aux scènes de théâtre et de spectacle forain.

Souvent aussi ils aiment à s'entretenir, sous les berceaux et les tentes, des temps anciens et des temps modernes, pendant qu'un vieillard, assis à la place d'honneur, est entouré d'auditeurs qui écoutent les histoires sans fin qu'il leur raconte des dynasties passées avec leurs fortunes et leurs malheurs, leurs ruines et leurs tribulations; et ces sots se montrent toujours émus et touchés de ces choses. Il y a aussi le vieillard à la claquette de bois qui se présente aux portes pour remplir sa mission (de conteur d'histoires). Ce sont là de ces moyens dont les fonctionnaires et les gens de la classe élevée peuvent faire usage pour instruire. Mais on n'instruit pas, on punit, et alors il devient difficile de prévenir les rébellions, les hérésies et les haines intestines. Pour nous, toutefois, nous préférerions que le ciel et la terre ne produisissent que l'essence pure et légère et que l'on pût se dispenser entièrement de l'éducation.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences de Paris

Séance du 7 juillet 1879.

PH. VAN TIEGHEM, *Identité du Bacillus Amylobacter et du Vibrion butyrique de M. Pasteur.* — M. Prazmowski ayant découvert que le *Bacillus Amylobacter*, qui fait fermenter la cellulose, détermine la production d'acide butyrique, et ayant tiré de ce fait la conclusion que ledit *Bacillus* est identique au *Vibrion butyrique* de M. Pasteur, M. Van Tieghem s'empresse d'annoncer qu'il a fait le premier cette trouvaille et fournit des arguments en faveur de l'identité des deux êtres, d'ailleurs assez difficiles à reconnaître. Cela ramènera à la mémoire de plus d'une personne l'aventure arrivée il y a quelques années à M. Van Tieghem à propos de la reproduction de certain *Coprinus*. M. Rees ayant signalé ce qu'il pensait être une fécondation, M. Van Tieghem se trouva avoir fait le premier la même découverte; il avait vu le protoplasma mâle se mélanger au protoplasma femelle; il avait suivi les phénomènes ultérieurs à la fécondation; il avait même pu produire artificiellement un hybride; en un mot, il n'y avait plus de doute à avoir sur l'existence d'une reproduction sexuée dans les Agarics; M. Van Tieghem revendiquait l'honneur de la découverte; puis lui-même, quelques mois plus tard, était obligé de reconnaître que cette fécondation n'existait pas. Et cependant il avait pu produire un hydride!! Nous reviendrons quelque jour sur cette plaisante aventure.

VULPIAN et F. RAYMOND, *Sur l'origine des fibres nerveuses excito-sudorales de la face.* — Les auteurs tirent de leurs expériences la conclusion suivante : « Les fibres nerveuses excito-sudorales destinées à la peau de la face proviennent soit des filets nerveux sympathiques qui accompagnent l'artère vertébrale dans son trajet au travers des apophyses transverses des vertèbres cervicales, et, par l'intermédiaire de ces filets, du ganglion thoracique supérieur, soit des parties du sympathique qui naissent du bulbe rachidien et de la protubérance. Ces fibres excito-sudorales prennent place dans les différents nerfs cutanés : elles sont peut-être nombreuses dans les filets cutanés du nerf trijumeau; en tout cas, notre expérience sur le nerf facial montre que ce nerf en contient certainement quelques-unes. A l'appui de cette expérience, on peut citer des observations recueillies récemment par M. Straus et desquelles il résulte que, dans des cas de paralysie du nerf facial chez l'homme, les injections sous-cutanées de nitrate de pilocarpine, faites à une époque où le nerf facial a perdu son excitabilité, produisent un effet sudoral plus tardif sur le côté paralysé de la face que sur le côté sain. »

MAX. CORNU, *Le Charbon de l'Oignon ordinaire* (*Allium Cepa*), *maladie nouvelle, originaire d'Amérique, causée par une Ustilaginée* (*Urocystis Cepulæ* FARLOW). — Les Oignons sont depuis quelque temps attaqués, dans les environs de Paris, par une maladie qui remplit d'une poudre noire les écailles du bulbe et la base des feuilles et qui est déterminée par le champignon nommé plus haut.

Straus, *Action et antagonisme locaux des injections hypodermiques de pilocarpine et d'atropine.* — Des sueurs locales étant déterminées par l'injection sous-cutanée de pilocarpine, l'auteur montre que des injections consécutives d'atropine arrêtent la sudation; l'injection d'atropine rend aussi impossible tout effet sudorifique, tant local que général, de la pilocarpine.

Séance du 14 juillet 1879.

Arloing, *Effets comparés des inhalations de chloroforme et d'éther sur le cœur et la respiration.* — « L'introduction des vapeurs anesthésiques dans le milieu sanguin s'accompagne : avec le chloroforme, d'une accélération du cœur, brusquement suivie de ralentissement et de l'arrêt de cet organe (sidération); avec l'éther, d'une accélération et d'un simple affaiblissement des contractions du cœur. La première période d'excitation s'observe après la section des nerfs vagues, preuve que l'explication qui en a été donnée à l'étranger n'est pas acceptable. En combinant cette action à celle de la moelle épinière, on peut se convaincre que l'accélération du cœur et l'augmentation de la tension artérielle sont placées sous l'influence des centres bulbo-médullaires et du sympathique et l'arrêt du cœur sous la dépendance des nerfs vagues. »

Quand on poursuit jusqu'à l'apparition des phénomènes toxiques, le chloroforme produit une accélération croissante du cœur en dépit de laquelle la pression artérielle diminue, puis le cœur bat plus lentement et enfin s'arrête deux ou trois minutes après la respiration. Avec l'éther, les pulsations sont de plus en plus rapides et s'arrêtent brusquement.

Moutard-Martin et Ch. Richet, *Des causes de la mort par les injections intraveineuses de lait et de sucre.* — On a recommandé récemment les injections de lait dans les veines pour remplacer la transfusion du sang. Les auteurs ont constaté que des injections trop abondantes peuvent donner la mort, en produisant une anémie bulbaire qui peut tenir soit à l'oblitération des capillaires du bulbe par les globules graisseux du lait, soit à la dilution ou à l'altération du sang. L'injection dans les veines de doses relativement faibles de sucre est suivie, rapidement, de polyurie.

Blanchard, *Sur la ponte des Amblystomes au Muséum d'histoire naturelle.* — L'auteur a signalé, dans la séance du 27 mars 1876, la ponte effectuée par des Amblystomes provenant d'Axolots nés à la Ménagerie du Muséum. Ces œufs se développèrent suivant le mode connu pour les Axolots. Les têtards passèrent l'hiver à l'état de larves branchifères. En février 1877, une partie de ces larves se transforma en Amblystomes. Il fut fait des autres deux parts : les uns furent mis dans un récipient dans lequel ils étaient complètement submergés (première série), les autres dans un récipient où il n'y avait que peu d'eau et où un terre-plein permettait aux animaux de sortir tout à fait de l'eau (deuxième série). Parmi les animaux de la première série, 1 devint amblystome et 16 devinrent axolots; parmi ceux de la deuxième série, 2 devinrent amblystomes et 14 axolots.

Séance du 21 juillet 1879.

Dastre et Morat, *Excitation électrique de la pointe du cœur.* — Les auteurs constatent qu'une série de courants induits très rapprochés peut avoir sur le cœur l'effet d'un courant continu. On avait observé déjà qu'avec des courants d'une

très grande fréquence la contraction des muscles, loin de devenir plus forte, est supprimée; mais, avec les muscles du squelette, ce phénomène ne se produit qu'avec des excitations dépassant 1,000 à la seconde, tandis qu'avec la pointe du cœur il se produit avec des excitations de 50, 100, 250 à la seconde.

Picard, *Sur la sécrétion biliaire.* — « La sécrétion biliaire se rapproche de la sécrétion rénale quant aux conditions physiologiques qui la déterminent. Les différences qui séparent ces deux fonctions peuvent se déduire des deux points suivants : 1° C'est un système vasculaire artériel qui fournit l'urine, tandis que c'est un système veineux qui donne la bile. 2° Dans la sécrétion biliaire, certaines substances formées dans le foie sont entraînées par le mouvement de sortie du liquide. »

Yung, *De l'action des principaux poisons sur les Crustacés.* — « Le curare agit sur les crustacés dans le même sens que chez les vertébrés, mais d'une manière beaucoup moins énergique. Son action est très lente ; elle produit, dans tous les cas, une gêne dans les mouvements, qui peut aller jusqu'à la paralysie complète, si la dose du poison a été très forte. La strychnine au contraire agit avec une extrême violence, provoquant un tétanos énergique, qui, par le fait de son intentensité même, est toujours très passager. L'épuisement musculaire est plus prompt que chez les vertébrés. L'absorption de la strychnine n'a pas lieu par les branchies. Un crabe vit longtemps dans une eau chargée de sulfate de strychnine. Le sulfate d'atropine n'a jamais déterminé la mort de l'animal. La digitaline ralentit les battements du cœur, après une accélération de courte durée. La nicotine est un poison aussi violent pour les crustacés que pour les vertébrés. Elle produit une grande rigidité musculaire et une accélération des mouvements du cœur.

Séance du 28 juillet 1879.

Marey, *Sur l'effet des excitations électriques appliquées au tissu musculaire du cœur.* — « Le cœur, pendant chacun de ses mouvements rythmés, présente une phase pendant laquelle il est inexcitable; c'est la phase de raccourcissement de ses fibres musculaires. Plus l'intensité des courants employés est grande, plus cette phase est courte; elle se réduit aux premiers instants des périodes systoliques, puis disparaît complètement si l'action est plus forte encore. » M. Marey explique à l'aide de ces faits les observations faites antérieurement et qui souvent paraissent fort contradictoires.

Ch. Richet et Moutard-Martin, *Influence du sucre injecté dans les veines sur la sécrétion rénale.* — Une minute et demie après l'injection d'eau sucrée dans les veines, il se produit de la polyurie; dès la seconde minute, l'urine contient de grandes quantités de sucre; l'urée augmente également peu à peu.

Ch. Richet, *De l'excitabilité du muscle pendant les différentes périodes de sa contraction.* — « Le muscle en état de contraction est plus excitable qu'à l'état de repos. Le relâchement du muscle n'est pas brusque, mais lent, et la forme variable de la secousse musculaire est marquée par les poids qui tendent le muscle. Il y a, pour les muscles tendus par un poids, une période de *contraction latente*, période pendant laquelle le muscle est plus excitable. »

Académie royale des sciences d'Amsterdam

Classe des sciences Mathématiques, Physiques et Naturelles

Séance du 28 juin 1879

Comme suite à ses communications antérieures sur le pouvoir absorbant de la terre arable et de l'acide silicique, M. J.-M. van Bemmelen fait connaître le résultat de ses recherches sur des phénomènes analogues, produits par l'acide silicique et par les hydrates de bioxyde d'étain et de bioxyde de manganèse, en présence de dissolutions aqueuses d'acides, de sels et d'alcalis. Ces résultats peuvent être résumés comme il suit :

1° L'acide silicique ($SiO_2,4H_2O$), outre les alcalis, absorbe aussi dans son eau d'hydratation des acides et des sels : l'acide sulfurique, l'acide nitrique, l'acide chlorhydrique et leurs sels alcalins.

La quantité absorbée est à peu près proportionnelle à la force de la solution et à l'eau d'hydratation, de sorte que l'eau d'hydratation de l'acide silicique se comporte environ comme l'eau libre. Quand la solution est très concentrée, des différences apparaissent.

2° Lorsqu'on traite par les mêmes solutions l'acide silicique séché à 100° ($SiO_2,1/5H_2O$), celui-ci passe à l'état d'hydrate le plus élevé en absorbant la solution d'acide ou de sel — conformément à 1 —, de sorte que la solution conserve à peu près le même degré de concentration.

3° Les mêmes phénomènes ont été observés, mais avec une absorption plus forte, en opérant sur les hydrates analogues des acides stannique et métastannique ($SnO_2,3H_2O$) et ($SnO_2,2H_2O$) et sur l'hydrate de bioxyde de manganèse ($MnO_2,2H_2O$), lesquels retiennent une partie de leur eau d'hydratation avec plus de force que l'acide silicique.

L'hydrate de bioxyde de manganèse et surtout l'acide stannique et l'acide métastannique enlèvent à l'acide sulfurique étendu une quantité d'acide plus grande que celle qui correspond à leur eau d'hydratation et à la concentration de la solution. La force d'attraction de l'hydrate est plus grande que celle de l'eau. Il en est de même avec une solution de sulfate potassique, sauf que (à égalité de force moléculaire et de quantité de la solution) l'hydrate de bioxyde de manganèse prend plus de ce sel que de l'acide sulfurique. Le contraire a lieu pour l'acide stannique et l'acide métastannique.

4° L'hydrate de bioxyde de manganèse enlève beaucoup d'alcali à une solution étendue de potasse. L'acide stannique et l'acide métastannique se comportent de même; mais, avec eux, il se forme en même temps des combinaisons solubles. Suivant les quantités d'acide, de base et d'eau, naissent des combinaisons instables très diverses, dissoutes et non dissoutes, d'un grand nombre de molécules d'hydrate de bioxyde stannique avec 1 molécule KOH. Entre certaines limites de

dilution, 1 molécule KOH peut mettre en solution jusqu'à 10 molécules SnO_2. L'acide stannique, en présence d'une petite quantité de potasse (une solution très étendue), peut l'absorber complètement; quand la potasse est en proportion plus forte, un peu d'acide stannique se dissout à la longue, tandis que le reste forme avec la potasse une combinaison cristalline.

L'auteur fait remarquer, en terminant, que l'existence de toutes ces combinaisons plus ou moins instables d'anhydrides avec l'eau, les acides, les sels, les alcalis, indique un passage entre les phénomènes dits de dissolution, d'adhérence ou d'adhésion moléculaire, etc., et ceux des combinaisons chimiques stables, de sorte qu'on ne saurait marquer de limite où commence la combinaison chimique.

M. Fh. W. Engelmann dépose sur le bureau la note suivante :

« Il a été démontré, par les recherches microscopiques des vingt dernières années, que les fibres nerveuses notrices des muscles striés, après avoir perdu leur gaîne médullaire, se terminent sous le sarcolemme. Le mode spécial de terminaison diffère souvent suivant l'espèce animale. Très fréquemment (chez beaucoup d'arthropodes, chez la plupart des vertébrés), à l'endroit où pénètre le nerf, on trouve, immédiatement sur le contenu strié du muscle, une masse protoplasmique nucléée, en forme de plaque ou de colline, dans laquelle se distribue le cylindre-axe par des ramifications répétées. L'expansion du cylindre-axe, ordinairement appelée « plaque terminale » et comparée à la plaque électrique de certains poissons, est, suivant l'opinion la plus répandue, encore séparée de la substance striée par une partie (dite la semelle) de la masse protoplasmique de la colline nerveuse; suivant l'opinion de quelques-uns, au contraire, la « plaque terminale » serait en contact direct avec la substance striée.

« La décision entre ces deux opinions est du plus haut intérêt au point de vue théorique, spécialement en ce qui concerne la théorie de l'action du nerf sur le muscle. Si la première est fondée, l'excitation du muscle par le nerf peut seulement avoir lieu ou bien par une décharge électrique partant de la « plaque terminale » (hypothèse de la décharge), ou bien par l'intermédiaire d'une action inconnue de la semelle protoplasmique, qui, provoquée par le nerf, opérerait à son tour comme stimulant sur le contenu du muscle. Si la seconde opinion est vraie, le processus moléculaire qui parcourt le nerf, comme onde d'excitation, pourrait agir directement sur le contenu contractile (hypothèse du contact).

« La question ne saurait être tranchée par la voie purement expérimentale et théorique. M. E. du Bois-Reymond a bien pu, par cette voie, mettre en plein jour l'invraisemblance de l'hypothèse de la décharge; mais, quant à la solution définitive du problème, il l'attend, avec raison, de l'histologie (*Monatsber. der k. Akad. d. Wiss. zu Berlin*, 1874, p. 519-560).

« Dans un travail antérieur (*Onderzœk. physiol. lab. Utrecht*, 3e sér., II, 1873, p. 166-167; *Pflüger's Archiv*, VII, 1873, p. 47), j'ai communiqué des observations qui montrent l'existence d'un lien intime entre le contenu de la colline nerveuse et les disques musculaires isotropes, spécialement les disques intermédiaires. En m'appuyant sur ces observations, ainsi que sur les nombreuses et remarquables analogies que présentent entre elles la substance isotrope des muscles et celle du cylindre-axe, j'ai regardé comme probable (*Onderz.*, etc., 3e sér., III, 2e cah., 1875, p. 42-43; *Pflüger's Archiv*, XI, 1875, p. 463) l'existence d'un rapport anatomique très étroit entre le cylindre-axe et les disques isotropes, tout en exprimant des doutes quant à la possibilité, avec nos moyens actuels, d'acquérir à cet égard une certitude parfaite.

« Ces doutes ont été complètement levés par des recherches que M. Alex. Foettinger, de Liège, a faites durant ces derniers mois au laboratoire physiologique d'Utrecht. L'important résultat obtenu par M. Foettinger et vérifié par moi, c'est que des prolongements directs de la fibre nerveuse motrice, semblables par la forme et les autres caractères à de minces cylindres-axes, s'unissent aux disques isotropes (en particulier au disque intermédiaire ou à la face correspondante des deux disques accessoires) et s'unissent exclusivement à ceux-ci. Jamais on n'a vu une fibre en connexion avec une couche anisotrope. Chaque disque isotrope, situé sous un mamelon nerveux, paraît recevoir une ou plusieurs fibrilles nerveuses. Le nombre des terminaisons varie, par suite, avec l'étendue du mamelon. Les cylindres-axes se terminent toujours au fond du mamelon, là où il est en contact avec les disques intermédiaires. Du moins, on n'a pas pu leur découvrir de prolongements dans la direction de l'axe de la fibre musculaire. Les préparations, surtout celles de certains muscles de coléoptères, apprennent aussi que l'onde de contraction, obtenue par l'excitation indirecte du muscle, commence sans exception à la surface du muscle, au fond de la colline : c'est en ce point que la contraction est toujours le plus avancée, et souvent elle n'est observable que là. Parfois on ne remarque qu'un commencement de contraction locale, à la surface d'un ou de plusieurs disques situés, même à une grande distance l'un de l'autre, sous la colline nerveuse. Evidemment, les divers disques situés sous la colline reçoivent chacun séparément leur excitation du nerf.

« Par les résultats qui viennent d'être communiqués, l'hypothèse de la décharge, ainsi que l'hypothèse d'une action indirecte du nerf sur le muscle, s'exerçant par l'intermédiaire de la soi-disant semelle protoplasmique, se trouvent définitivement réfutées. On est obligé d'admettre que le processus moléculaire de l'irritation, propagé dans chaque fibre nerveuse jusqu'aux points de contact avec les disques isotropes, agit ici directement sur les molécules de ces disques, pour se propager ensuite dans toutes les directions, par conduction purement musculaire, à travers le contenu contractile des fibres. Cette interprétation est la seule qui soit entièrement en harmonie tant avec les faits anatomiques qu'avec tous les faits physiologiques jusqu'ici connus. »

M. J.-M. van Bemmelen communique à l'Académie que M. C. Hensgen, assistant à la section inorganique du laboratoire chimique de l'université de Leiden, en faisant agir l'acide chlorhydrique sur le précipité que le chlorure ferrique produit dans une solution de chromate potassique, a obtenu un sel cristallin de la composition

$$K_2O.\ Cr_2O_3.\ Fe_2O_3.\ 3(CrO_3).\ 4H_2O,$$

ainsi qu'il résulte des analyses suivantes (exécutées par des méthodes différentes) :

	Calculé.	Trouvé.	
K_2O	12,91	12,67	11,70
Fe_2O_3	21,98	21,99	22,01
$4CrO_3$	55,22	55,09	55,51
$4H_2O$	9,89	10,11	10,02

Société d'Anthropologie de Paris.

Séance du 17 Juillet.

L'ouvrage de Retzius et le type des Kourganes chez les Finnois. — M. DE HUJFALVY présente un rapport sur le magnifique ouvrage récemment publié par M. Retzius, le fils de l'illustre anthropologiste, sur les Finnois. Nous nous bornerons à en signaler le passage où il est dit que, parmi les Finnois, M. Retzius a constaté la présence de dolichocéphales d'origine inconnue.

Nous y voyons une indication nouvelle pour la solution d'une question longtemps débattue, à savoir : s'il y a un type finnois primitif, une race finnoise distincte sur laquelle s'est enté le mélange qui constitue les Finnois de la linguistique. Ces derniers, en majorité brachycéphales, n'offraient pas de différences physiques tranchées avec les Slaves. Mais ces dernières années, après les travaux de quelques anthropologistes russes, comme ceux de M. de Maisiof et de M. le Dr Kopernicki, on s'est de plus en plus convaincu que le type dolichocéphale des Kourganes devait être le type finnois primitif. Or il est de toute évidence que les dolichocéphales d'origine inconnue dont parle M. Retzius se rattachent au type des Kourganes.

Caverne sépulcrale néolithique habitée aux temps romains. — M. LE Dr PRUNIÈRE, qui poursuit avec le même succès ses investigations et ses fouilles dans la Lozère, vient de découvrir une nouvelle caverne ayant servi de station et de sépulture. M. Broca présente le récit de cette découverte. Le centre de la caverne était occupé par les débris d'une station romaine au-dessous desquels se trouvaient des os humains sans aucun crâne. Une encoignure latérale contenait intacte une sépulture néolithique, et dans le fond de nombreux crânes avaient été rejetés sans ordre. Un chercheur inhabile ou prévenu n'eût pas manqué de conclure de ce singulier assemblage à la contemporanéité ou au voisinage de deux peuples, l'un jouissant de la civilisation romaine, l'autre ne connaissant encore que l'industrie néolithique. M. Prunières, qui a déjà donné tant de preuves de sagacité dans ses investigations patientes, se rappelant qu'aujourd'hui encore les fabricants de fromages recherchent des cavernes naturelles pour y établir leurs caves, en a au contraire donné l'explication suivante. A la fin de l'époque romaine, des habitants du pays, obligés de se cacher pour une raison quelconque, se sont réfugiés dans la caverne en question. Trouvant son centre occupé par une sépulture, ils ont ramassé les crânes qui, émergeant presque à la surface, les gênaient et les effrayaient; et ils les ont rejetés dans le fond. Mais ils ne se sont nullement occupés des autres os enfouis et ont laissé intacts tous ceux de l'encoignure dont ils n'avaient pas besoin pour leur habitation.

Fouilles de Kourganes. — M. LE Dr CHERVIN, qui revient de Russie, présente à la Société le produit des fouilles de deux Kourganes, l'un de Moscou et l'autre de Saint-Pétersbourg, qui ont été exécutées devant lui.

M. LE Dr HAMY présente une lance en fer donnée comme ayant été l'arme d'un Acca de l'Afrique centrale. Sa petitesse confirme ce que l'on sait de la taille peu élevée des Accas.

M. Mazard présente des poteries recueillies à Issarlick et à Mycènes par M. Schlieman. Celles recueillies à Issarlick sont épaisses, d'un rouge sale, sans ornement autre qu'une sorte de cordon à la base du col. Elles ressemblent en cela à nos poteries néolithiques. Les poteries de Mycènes, au contraire, minces et bien cuites, sont ornées soigneusement par l'application de différentes couleurs.

M. Zaborowski remarque que les poteries d'Issarlick sont bien moins assimilables aux poteries néolithiques, qui ont des ornements géométriques, qu'aux urnes des tombeaux à tumuli de pierres de la Basse Vistule, qui sont de la première époque du fer. Les urnes cinéraires de ces tombeaux, épaisses et d'une couleur souvent rouge, rouge sale et rouge grisâtre ou jaunâtre, quelquefois noire, n'ont en effet jamais d'autre ornement qu'une rainure ou le plus souvent un cordon pétri à la base du col.

M. Foley, en présentant le vêtement très rudimentaire des Néo-Calédoniens (une simple bande étroite d'étoffe rouge), donne des détails sur la manière dont ces sauvages portent leur verge et les opérations aussi dangereuses et funestes que dégoûtantes qu'ils s'infligent.

Les Hakkas et le type chinois primitif. — M. Zaborowski présente cinq crânes d'Hakkas envoyés de Canton par M. de Lagrenée, les mensurations de trois autres crânes de Canton et de cinq crânes de Kouldja. Nous ne pouvons donner ici que les conclusions de ce long travail. Les Hakkas, qui habitent surtout les provinces du *Kuang-Toung* (Canton) et du *Kuang-Si*, bien que ne représentant en réalité aujourd'hui que les débris d'une ancienne caste guerrière, sont l'objet d'une antipathie de race séculaire de la part de l'élément chinois plus moderne, ouvriers des villes, marchands et mandarins. Et le fait est en effet qu'ils ne sont pas comme ceux-ci des Mongols ou un mélange de sang mongol. Or, parmi eux se retrouvent dans la proportion de trois sur cinq des crânes très dolichocéphales et parmi ces crânes un surtout particulièrement étroit et allongé. M. Zaborowski a rapproché ce dernier du crâne du mendiant de Péking qui se trouve au Museum, que l'on soupçonnait devoir représenter l'ancienne race dépossédée et asservie. Les mesures de l'un et de l'autre se sont trouvées être identiques. Il y a donc une présomption de plus pour que leur type soit regardé comme celui des Chinois primitifs. D'après les présomptions de M. Zaborowski, ce n'est pas parmi les sauvages du centre et du sud de la Chine qu'il faut en chercher aujourd'hui les plus purs représentants. Les Miao-tse, selon lui, se rapprochent probablement du type malais. Il faut diriger ses regards vers l'est, vers l'Asie centrale. Un crâne parsis qu'il a rapproché de l'Hakkas le plus typique (n° 7) ne diffère de lui que par son indice orbitaire. Parmi les 140 crânes kourganes de Moscou mesurés par M. Bogdanoff, il en a retrouvé quelques-uns qui rappellent aussi évidemment les traits du type chinois primitif. M. Zaborowski rappelle d'ailleurs que tous les travaux des sinologues assignent, comme lieu d'origine des premiers civilisateurs de la Chine, l'Asie centrale. D'anciennes institutions astronomiques communes aux Chinois, aux Indiens et aux Arabes, etc., démontrent qu'à une époque préhistorique extrêmement reculée il y a eu entre ces peuples des points de contact. M. Zaborowski a fait connaître il y a déjà quelque temps le résultat des travaux de Schlegel sur l'*uranographie chinoise*. Ils viennent à l'appui des recherches de Biot et Lassen, de Pauthier, etc. Il signale maintenant les conclusions conformes du baron de Richtofen, qui a parfaitement résumé les discussions dont cette question est l'objet depuis déjà plus d'un siècle.

CHRONIQUE

Association française pour l'avancement des sciences.

L'Association française vient de décider, d'accord avec le comité local de Montpellier, le programme de la session qu'elle tiendra dans cette ville du 28 août au 4 septembre sous la présidence de M. Bardoux, député du Puy-de-Dôme. Ce programme comprend, comme les années précédentes, des séances de sections et des séances générales dont les ordres du jour seront intéressants, on peut déjà l'affirmer; deux conférences, l'une sur le canal d'irrigation dérivé du Rhône, l'autre sur la lumière électrique; des visites industrielles et scientifiques, et particulièrement une visite à l'École d'agriculture, où une réception brillante sera organisée; des excursions générales à Nîmes et Aigues-Mortes d'une part, à Cette et sur l'Étang de Thau d'autre part; de plus, des excursions finales dont l'étude est presque terminée, conduisant les membres du Congrès à Narbonne, Carcassonne, Le Vigan, Lodève, Alais, et le bassin houllier, Salindres, etc. Le comité local prépare également une série d'expositions spéciales du plus haut intérêt pour lesquelles on espère, entre autres, le concours obligeant et précieux des officiers du génie.

On trouve au secrétariat de l'Association, 76, rue de Rennes, à Paris, tous les renseignements relatifs à cette session à l'occasion de laquelle les Compagnies de chemin de fer ont bien voulu accorder une réduction de prix.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Travaux publiés par Bénédict Hofmeister,

né à Leipzig le 18 mai 1824, mort à Heidelberg, le 12 janvier 1877.

1846. Ueber die geographische Verbreitung der Coniferen am Himalayah, in *Bot. Zeitung*, IV, coll. 177-185.
1847. Untersuchungen des Vorgangs bei der Befruchtung der Oenothereen; in *Bot. Zeitung*, V, col. 785-792, pl. 8; in *Ann. Sci. Nat.* (*Bot.*), p. 65-72 (1848), pl. 4.
1848. Ueber die Entwickelung des Pollens; in *Bot. Zeitung*, VI, col. 425-434, 649-658, 670-674, pl. 4 et 6.
1849. Ueber die Fruchtbildung und Keimung der höhoren Cryptogamen; in *Bot. Zeitung*, VII, col. 793-800; in *Hemfrey*, *Bot. Gazet.*, II, 1850, p. 70-76.
1849. Naissance de l'embryon des phanérogames; série de recherches microscopiques; in *Ann. Sci. Nat.*, XI, (*Bot.*), p. 375-382.
1849. Die Enstehung des Embryo der Phanerogamen; eine Reihe mikroskopischer Untersuchungen; Leipzig (F. Hofmeister), 1849, in-4°, v-89 p., 14 pl.
1851. Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen (Moose, Farrn, Equisetaceen, Rhizokarpeen und Lycopodiaceen) und Samenbildung der Coniferen; Leipzig (F. Hofmeister), 1851, in-4°, viii-179 p., 33 pl.
1851. Zur Entwickelungsgeschichte des Embryo der Personaten; in *Flora*, XVIII (1851), 2e série, p. 449-457, pl. 9-11.
1852. Histoire du développement des organes reproducteurs dans les Lycopodiacées; in *Ann. Sci. Nat.*, XVIII (*Bot.*), p. 172-192, pl. 8-9.
1852. Zur Entwickelungsgeschichte der Zostera; in *Bot. Zeitung*, X, col. 121-131, 137-149, 157-158; in *Taylor*, *Scientif. Mem.* (*Nat. hist.*), 1853, p. 239-261.
1852. Uber die Stellung der Moose im System; in *Flora*, XXXV, p. 1-10.
1852. Uber die Keimung der Equisitaceen; in *Flora*, XXXV, p. 385-388.
1852. Beiträge zur Kenntniss der Gefägskryptogamen :
  1. Entwickelungsgeschichte des Isoëtes lacustris, p. 123.
  2. Ueber die Keimung der Equisetaceen, p. 169; in *Leipzig. abh. Math. Phys.*, II, 1855, p. 121-179, pl. 2-19.
  3. Ueber Entwickelung und Bau der vegetationsorgane der Farrnkraeuter, p. 603.
  4. Ueber die Ophioglosseen, p. 657.
  5. Ueber die Keimung der Salvinia natans Midi, p. 665; in *Leipzig. abhandl. Math. Phys.*, III, 1857, p. 603-682, pl. 1 à 13.
1854. Ueber die Befruchtung der Farrnkränter; in *Flora*, XXXVII, p. 257-259; in *Ann. Nat. Hist.*, XIV, p. 272-274; in *Ann. Sci. Nat.*, I (*Bot.*), p. 371-373; in *Leipzig. Berichte*, p. 54-56.
1854. Ueber die Befruchtung der Coniferen; in *Flora*, XXXVII, p. 529-542; in *Ann. Nat. hist.*, XIV, p. 429-440.
1854. Ueber entwickelung von Blüthe und Frucht der Deutschen Lorantheen; in *Deutsch. Naturf. Versamm. Bericht*, XXXI, p. 80-82.
1854. Zur Morphologie der Moose :
  1. Entwickelungsgeschichte der Riella Reuteri Mont, p. 92.
  2. Ueber die Bildung des Keimbläschens der Muscineen, p. 95.
  3. Ueber die vermeintlichen Wurzeln des Haplomitrium, p. 97.
  4. Die ersten Entwickelungstufen der Frucht der Talypogeia, p. 98.
  5. Ueber die Keimung des Sphagnum acutifolium, p. 100.
  6. Entwickelung der Frucht des Archidium phascoides Brid., p. 102; in *Leipzig. Bericht.*, p. 92-106, pl. 4-6.
1855. Heimung des Botrychium lumaria, Iw.; in *Bomplandia*, III, p. 331-335, pl. 3.
1855. Embryologisches; in *Flora*, XXXVIII, p. 257-266; in *Ann. Sci. Nat.*, III (*Bot.*), p. 209-219.
1856. Eine neue Theorie der zeugung bei den Phanerogamen; in *Bomplandia*, IV, p. 286-288.
1856. Uebersicht neuerer Beobachtungen der Befruchtung und Embryobildung der Phanerogamen; in *Leipzig. Berichte*, p. 77-102.
1857. Ueber die Fortplanzung des Desmidieen und Diatomeen; in *Leipzig. Bericht*, IX, p. 18-38, pl. 1; in *Ann. Nat. hist.*, I (1858), p. 1-18, pl. 1.

1857. Ueber das Steigen des Saftes der Pflanzen; in *Leipzig. Berichte*, IX, p. 149-161; in *Ann. Sci. Nat.*, X (*Bot.*), 1858, p. 5-19; in *Flora*, XLI, 1858, p. 1-12.

1858. Ueber die zu Gallerte aufquellenden Zellen der Aussenfläche von Samen und Perikarpien; in *Leipzig. Berichte*, X, p. 18-37, pl. 1.

1858. Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen :

Ranunculaceen, p. 82.
Nymphaceen, p. 83.
Nelumboneen, p. 85.
Ceratophylleen, p. 85.
Berberideem, p. 86.
Fumariaceen, p. 86.
Cruciferen, p. 87.
Resedaceen, p. 88.
Violoceen, p. 88.
Polyaleen, p. 89.
Euphorbiaceen, p. 89.
Corophybleen, p. 89.
Nyctagyneen, p. 91.
Malvaceen, p. 91.
Geraniaceen, p. 92.
Oxalideen, p. 93.
Tropaeoleen, p. 93.
Limnantheen, p. 94.
Rutaceen, p. 94.
Aurantiaceen, p. 94.
Acerineen, p. 95.
Salicineen, p. 96.
Celastrineen, p. 96.
Urticeen, p. 97.
Amentaceen, p. 98.
Rosaceen, p. 100.
Pomaceen, p. 101.
Leguminosen, p. 101.
Melastomeen, p. 103.
Proteaceen, p. 104.
Onagrarieen, p. 104.
Trapeen, p. 105.
Lytharieen, p. 107.
Passifloreen, p. 107.
Ribesiaceen, p. 108.
Asarineen, p. 108.
Cytineen, p. 109.
Balanophoreen, p. 109.
Santalaceen, p. 112.
Viscaceen, p. 113.
Loranthaceen, p. 115.
Primulaceen, p. 119.
Borrogineen, p. 119.
Umbelliferen, p. 120.
Caprifoliaceen, p. 120.
Rubiaceen, p. 121.
Dipsaceen, p. 121.
Valerianeen, p. 122.
Compositen, p. 122.
Asclepiadeen, p. 123.
Apocyneen, Oleineen, p. 125.
Gentianeen, p. 125.
Solaneen, p. 126.
Scrophularien, p. 127.
Orobaucheen, p. 133.
Plantagineen, p. 136.
Bignoniaceen, p. 136.
Acanthaceen, p. 137.
Hydrophyllen, p. 137.
Labiaten, p. 138.
Selagineen, p. 139.
Globulariaceen, p. 140.
Verbanaceen, p. 140.
Tricaceen, p. 141.
Pyrolaceen, p. 141.
Droseraceen, p. 142.
Campanulaceen, p. 142.
Loaseen, p. 144.
Bartonieen, p. 145.
Najadeen, p. 145.
Potamogetoneen, p. 147.
Alismaceen, p. 147.
Juncagineen, p. 148.
Aroideen, p. 148.
Gramineen, p. 153.
Cyperaceen, p. 154.
Commelyneen, p. 154.
Melanthaceen, p. 155.
Liliaceen, p. 157.
Amaryllideen, p. 158.
Irideen, p. 160.
Bromeliaceen, p. 166.
Pontederiaceen, p. 166.
Scitamineen, p. 166.
Abietineen, p. 167.
Taxineen, p. 173.
Juniperineen, p. 175.

In *Pringsheim Botanik*, I, p. 82-188, pl. 7-10.

1859. Ueber die Bengungen saftreicher Pflanzentheile nach Erschütterung, in *Leipzig. Berichte*, XI, p. 175-204; *Pringsheim Botanik*, II, 1860, p. 237-266.

1859. Ueber den Bau der Weiblichen Blüthe von Viscum album; in *Bot. Zeitung*, XXVII, p. 369-374.

1859. *Neue Beiträge* zur Kenntniss der Embryo bildung der Phanerogamen :

I. — Dycotyledonen mit ursprünglich einzeilligem, mir durch Zellentheilung Wathsendem endosperm.

1. Loranthaceen, p. 539.
2. Santalaceen, p. 563.
3. Aristolachieen, p. 567.
4. Asarinen, p. 568.
5. Citineen, p. 570.
6. Balanophoren, p. 572.
7. Orobancheen, p. 604.
8. Scrophularineen, p. 610.
9. Acanthaceen, p. 621.
10. Plantagineen, p. 622.
11. Labiateen, p. 624.
12. Selagineen, p. 630.
13. Globulariaceen, p. 631.
14. Bignoniaceen, p. 632.
15. Hydrophylleen, p. 633.
16. Pyrolaceen, p. 634.
17. Vaccineen, p. 635.
18. Droseraceen, p. 637.
19. Campanulaceen, p. 638.
20. Loasaceen, p. 641.
21. Bartonieen, p. 643.

In *Leipzig. Abhandl. Math. Phys.*, IV, p. 533-672, pl. 1-27.

II. — ledonen.

Entwickelung des Pollens, p. 631.
Entwickelung der Eychen, p. 653.
Bildung von Tochterzellen, der Kleimbläschen und ihren gegenfüss lerinnen im unbefruchteten Embryosacke, p. 668.
Eintreffen des Pollenschlauchendes Embryosacke; sein verhalten daselbst, p. 682.
Nächste veränderungen der Eychen nach Ankunft des Pollenschlauches, p. 690.
Beginn der Entwickelung eines Keimbläschen zudem Embryo, p. 693.
Entwickelung des Vorkeims, p. 699.
Entwickelung des Embryo aus dem Vorkeime, p. 707
Monströse Entwickelung von Fortpflanzungs zellen innerhalb des Eychens, p. 711.
In *Leipzig. Abhandl. Math. Phys.*, V, p. 629-760, pl. 1-25; in *Ann. Sci. Nat.*, XII, *Bot.*, 1859, p. 5-71, pl. 1-22; in *Bot. Zeitung*, XVII, p. 286-287.

1859. Ueber die Entwickelung der Sporen von Tuber æstivum; VITALD, in *Leipzig. Berichte*, XI, p. 214-225; in *Pringsheim Botanik*, II, 1860, p. 378-391.

1860. Ueber die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzentheilen:
1. Differenzen der Spannung der Gewebe, p. 81.
2. Verlangerung der sich beugenden Theile während der Krümmung, p. 83.
3. Mechanik der Aufwärtskrümmung, p. 86.
4. Kraft und Selbstsändigkeit der Aufwärtskrümmung; Unsebststandigkeit der Abwärtskrümmung, p. 93.
5. Abwesenheit von Spannungsdifferenzen der gewebe in dem der Abwärtskrümmung fähigen Theile der Wurzel, p. 100.
6. Mechanik der geocentrischen Wurzlkrümmung, p.
7. Abweichungen des Wachsthums von Itängeln von der Richtung aufwärts, p. 106.
8. Rotations versuche, p. 111.
In *Leipzig. Berichte*, XII, p. 175-213; in *Ann. Sci. Nat. (Bot.)*, 1861, p. 179-219; *Pringsheim Botanik*, III, 1863, p. 77-114.

1862. Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Saften lebender Pflanzen; in *Flora*, XLV, p. 97-108, 113-120, 138-144, 145-152, 170-175.

1862. Ueber die Mechanik der Reizbewegungen von Pflanzentheilen; in *Flora*, XLV, p 497-503, 513-517.

1863. Zusätze und Berichtigungen zu den 1851 veroffentlichten Untersuchungen des Entwicklung höherer Kryptogamen:
1. Zellenfolge der Fruchtanlage von Anthoceros lævis, p. 259.
2. Allmäliges Wachsen der Wände der Specialmutterzellen des Anthoceros lævis von der Peripherie der Mutterzelle zu deren Centrum, p. 261.
3. Entwickelungsgeschichte der Stängels beblätterter Muscineen, p. 262.
4. Zur geschichte der Entwickelung unseren kenntniss von der Entstehung der Moosfrucht, p. 277.
5. Ueber die Verzweigung der Farrnkräuter, p. 279.
6. Ueber die Entwickelung der Sporen von Equisetum, p. 283.
7. Ueber das Dickenwachsthum des Knospenendes von Selaginella, p. 291.
8. Ueber die morphologische Deutung des Sporangiums von Selaginella, p. 292.
In *Pringsheim Botanik*, III, p. 259-293, pl. 8.

1864. Ueber die Mechanik der Protoplasmabewegungen; in *Deutsch. Naturf. Bericht*, XXXIX, p. 138-140.

1864. Ueber den Bau des Pistills der Geraniaceen; in *Flora*, XLVII, p. 401-410.

1865. Ueber die Mechanik der Bewegungen des Protoplasma; in *Flora*, XLVII, p. 7-12; Heidelberg, *Verhandl. Nat. Med.*, III, p. 177-180.

1867. Ueber die Frage : Folgt der Entwickelungsgang beblätterter Stengel dem langen oder dem Kurzen Wege der Blattstellung; in *Bot. Zeitung*, XXV, p. 33-37, 42-45, 49-52.

1865-77. Handbuch der Physiologischen Botanik, in Verbindung mit A. de Barry und J. Sachs. herausgegeben von W. Hofmeister:
Vol. I, 1re Abtheil. Die Lehre von der Pflanzelle; 1867, 57 gravures sur bois (9 M.).
Id., 2e Abtheil. Allgemeine Morphologie der Gewächse; 1868, 134 gravures sur bois, 5 M. 60 Pf.
Les vol. 2, 3, 4, sont par de Barry et Sachs.
Leipzig, *Engelmann;* in-8°, 1865-77, 4 vol. 586 gravures sur bois, 47 M. 20 Pf.

1868. Karl Fr. Schimper (Nekrolog.); in *Bot. Zeitung*, XXVI, 1868, p. 33-40.

1868. Ueber die Abwartskrümmung der Spitze Wachsender Wurzeln; in *Bot. Zeitung*, XXVI, col 257-267, 273-281.

1869. Ueber den Gehalt des Traganthgummi an in Wasser löslichen Stoffen; in *Arch. Anat., Physiol.*, p. 273-283.

1869. Ueber passive und active Abwärtskrümmung von Wurzeln (1868); in *Bot. Zeitung*, XXVII, col. 33-38, 49-59, 73-79, 89-96.

1870. Ueber die Zellenfolge im Achsenscheiteil der Laubmosse; in *Bot. Zeitung*, XXVIII, col. 441-449, 457-466, 473-478, pl. 7.
1874. Ueber die bewegungen der Spirogyra princeps (Vauch); in *Würtemb. Naturwiss.*, XXX, p. 211-226 (1 pl.); in *Naturforscher.*, 1874, n° 45, p. 426-427; in *Zeitsch. d. Gesamm. Naturw.*, X, p. 163-167; in *Bot. Zeitung,* 1875, p. 126.
1876. Ueber die Richtung des Embryo's im Embryosacke; in *Atti. del. cong. intern. Bot., Firenze,* p. 40-42.
1876. Bestimmungen des Trockengewichtes verschiedener Pflanzen. Versuchstation Insterburg; in *Landw. Jahrb.*, 1876, p. 709-725 (Curventafel. 9).

2e ANNÉE N° 9. 15 SEPTEMBRE 1879

REVUE INTERNATIONALE
DES
SCIENCES

PARAISSANT LE 15 DE CHAQUE MOIS

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN
PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

PARIS
OCTAVE DOIN, ÉDITEUR
8, PLACE DE L'ODÉON, 8

...ar que nou... en... om
l'Australie nous o...
d'après les rappo...
avec la quinine
gènes mâche...
appliquent ap...
son action (1).

(1) Le baron M... examen des feuilles de « Pituary », qui passent pour constitue... ...eux stimulant et qui sont produites par une plante croissant dans les déserts qui s'étendent depuis la rivière de Darling et Barcoo jusqu'à l'ouest de l'Australie. Il pense que cette plante est le *Duboisia Hopwoodii*, décrite par lui en 1861 et dont les feuilles sont mâchées par les habitants de l'Australie centrale, dans le but de se donner des forces pendant leurs longues marches à travers les déserts. « Les noirs, dit-il, emploient le *Duboisia* pour augmenter leur courage dans les combats ; de fortes doses les rendent furieux. » Le *Herald Sydney* rapporte aussi que des feuilles sèches et de petites tiges, provenant du pays de Barcoo et nommées « *Pitcherine* », sont employées par les aborigènes au même usage que nous employons le tabac ; qu'ils les mâchent et les fument, et qu'à dose faible leur usage provoque une agréable gaieté, tandis que leur emploi prolongé détermine une excitation considérable. On a observé que les noirs, après avoir mâché les feuilles, les appliquent derrière leurs oreilles dans le but d'augmenter leur action. (Voy. *Colonies*, 9 juin 1876.)

DES STIMULANTS EN USAGE CHEZ LES ANCIENS ET CHEZ LES PEUPLES SAUVAGES

Par A. W. Buckland.

J'ai exposé l'année dernière devant l'Association britannique et devant la Société d'anthropologie d'Angleterre ma manière de voir relativement à l'origine et au développement de l'agriculture. Ces études m'ont naturellement amené à rechercher les stimulants et les boissons fermentées en usage dans les temps très anciens et ceux qui sont fabriqués et consommés actuellement par les tribus qui occupent les degrés inférieurs de la civilisation. Si en effet nous jetons un regard sur les races qui n'ont pas encore été influencées par la civilisation européenne, nous trouvons que toutes, à l'exception peut-être de deux ou trois, placées aussi bas que possible dans l'échelle de l'humanité, ont trouvé le moyen de fabriquer quelque boisson stimulante et enivrante, susceptible de soutenir leurs forces et d'accroître leur courage dans les moments de besoin. Les médecins de l'Europe civilisée doivent aux plus sauvages tribus la découverte d'un grand nombre de médicaments dont on ne peut guère exagérer l'importance. L'écorce inestimable du Pérou (le quinquina) est trop connue pour que nous en parlions ici; mais les aborigènes sauvages de l'Australie nous ont récemment révélé un nouveau stimulant qui, d'après les rapports qu'on en a faits, paraît devoir rivaliser plus tard avec la quinine; je veux parler du *Pitbury* (*Duboisia*), que les indigènes mâchent pour se donner des forces et du courage et qu'ils appliquent après l'avoir mâché derrière les oreilles pour augmenter son action (1).

(1) Le baron Mueller a donné, dans un journal médical d'Australie, les résultats de son examen des feuilles de « *Pitbury* », qui passent pour constituer un merveilleux stimulant et qui sont produites par une plante croissant dans les déserts qui s'étendent depuis la rivière de Darling et Barcoo jusqu'à l'ouest de l'Australie. Il pense que cette plante est le *Duboisia Hopwoodii*, décrite par lui en 1861 et dont les feuilles sont mâchées par les habitants de l'Australie centrale, dans le but de se donner des forces pendant leurs longues marches à travers les déserts. « Les noirs, dit-il, emploient le *Duboisia* pour augmenter leur courage dans les combats ; de fortes doses les rendent furieux. » Le *Herald Sydney* rapporte aussi que des feuilles sèches et de petites tiges, provenant du pays de Barcoo et nommées « *Pitcherine* », sont employées par les aborigènes au même usage que nous employons le tabac; qu'ils les mâchent et les fument, et qu'à dose faible leur usage provoque une agréable gaieté, tandis que leur emploi prolongé détermine une excitation considérable. On a observé que les noirs, après avoir mâché les feuilles, les appliquent derrière leurs oreilles dans le but d'augmenter leur action. (Voy. *Colonies*, 9 juin 1876.)

Les feuilles de Coca, mangées dans l'Amérique du Sud pour augmenter les forces et faire supporter les fatigues (1), et les feuilles de Guarie, employées de la même façon dans le sud de l'Afrique, doivent être considérées plutôt comme des médicaments stimulants que comme de simples *stimulants*, si nous réservons cette dénomination aux boissons fermentées qui possèdent plus ou moins des propriétés toxiques. Cependant, l'usage de ces médicaments stimulants doit être considéré comme le premier effort fait par les sauvages pour se procurer des substances étrangères à leurs aliments habituels et jouissant, malgré leur saveur désagréable, de la propriété de produire une excitation agréable et d'accroître les forces et le courage. Les races inférieures ne paraissent pas avoir dépassé ce but, qui est en réalité celui du simple instinct animal, car beaucoup d'animaux recherchent, lorsqu'ils sont malades ou blessés, des plantes spéciales dont ils ne se nourrissent pas d'habitude; mais, dès que nous voyons une race se livrer aux soins de l'agriculture, nous la voyons aussi commencer à faire usage de liqueurs fermentées.

Lorsque l'agriculture est limitée à cette phase imparfaite et primitive qui consiste dans la seule culture des fruits et des racines, les boissons fermentées sont communément très simples et préparées avec des racines ou des herbes traitées par un procédé particulier. Dès que les céréales sont cultivées, nous trouvons généralement une sorte de bière, fabriquée à l'aide de la céréale la plus importante et constituant la boisson principale du peuple, tandis que les vins de fruits forment le luxe des riches et que des infusions de plantes et d'herbes non fermentées continuent à être employées comme boissons agréables et rafraîchissantes ou médicinales.

L'époque reculée à laquelle remonte la culture des céréales doit nécessairement nous conduire à admettre que la fabrication d'une sorte quelconque de bière remonte à une date également très reculée. Nous trouvons en effet que les anciens Egyptiens, qui excellaient en agriculture, se rendirent également célèbres par la fabrication d'une sorte de bière ou de vin d'orge, exaltée par les poètes grecs, et par les historiens sous le nom de *Zythus*. Wilkinson nous dit que « Diodore, quoique n'ayant pas l'habitude d'en user et quoique originaire d'un pays à vin, affirme que cette bière était à peine inférieure au jus du raisin. » Athénæus dit qu'elle était très forte et exerçait sur les buveurs une action exhilarante si prononcée qu'ils dansaient et chantaient et se livraient aux mêmes excès que ceux qui s'enivrent avec

(1) La Coca paraît avoir des effets aussi pernicieux que ceux de l'opium lorsqu'on en use avec excès.

les vins les plus forts. La manière dont cette bière était préparée nous est inconnue ; mais, d'après le témoignage des écrivains grecs, Wilkinson pense qu'elle devait être très supérieure à la bière ou *Booza* des Egyptiens modernes, dont il dit : « Le secret de sa préparation à l'aide de l'orge a été transmis des temps anciens ; mais, la paresse ayant banni l'usage d'y ajouter d'autres ingrédients, on se contente actuellement de la simple fermentation ; le blé et les autres substances qui se prêtent à ce phénomène sont employés indistinctement par les Egyptiens modernes à la fabrication du *Booza* (1). » Nous pouvons raisonnablement conclure que l'orge employée à la fabrication du *Zythus* des Egyptiens était soumise à quelque procédé analogue au maltage, de ce fait que le même procédé est employé aujourd'hui par les races de l'Afrique ; mais il paraît certain qu'ils ne connaissaient pas le houblon, et Wilkinson dit : « Ils étaient obligés d'avoir recours à d'autres plantes, pour donner au Zythus une saveur agréable, et ils employaient dans ce but le lupin et la racine d'une plante d'Assyrie (2). »

La mention qui est faite d'une plante d'Assyrie nous conduit à penser que la bière d'Egypte était connue en Assyrie, tandis que la connaissance qu'avaient les habitants des lacs de la Suisse du froment et de l'orge d'Egypte nous révèle l'extension vers l'Europe des procédés de fabrication de la bière et la route par laquelle cette fabrication s'est propagée jusque dans nos contrées.

Cependant, dans les pays à vin, la bière était peu en faveur relativement au jus de la vigne, et n'était probablement employée, comme de nos jours, que par le menu peuple.

Wilkinson cite un passage d'Eschyle : « Nous rencontrerons des hommes dont le sang n'a jamais été alourdi par le vin d'orge, » qui prouve que les Grecs tenaient la bière en mépris, mais qui démontre aussi qu'elle ne leur était pas inconnue et qu'elle constituait probablement la boisson habituelle des classes inférieures.

Si nous dirigeons nos regards vers l'Orient, nous trouvons la bière en usage en Chine dès les temps les plus reculés, et nous constatons que les Chinois boivent encore une sorte de bière fabriquée non avec l'orge, mais avec une variété particulière de riz. L'invention de cette bière est attribuée au règne du premier empereur de la première dynastie, c'est-à-dire à une période qui remonte à l'an 2217 avant notre ère. Le nom de l'inventeur (Y-tie) est donné par du Halde, qui ajoute : « L'empereur, lorsqu'il en eut goûté, dit : « Cette liqueur cau-

(1) Wilkinson, *Ancient Egyptians*, II, p. 171.
(2) *Ibid.*

sera de grands troubles dans l'empire. » Il bannit l'inventeur et interdit la fabrication; mais cette précaution fut inutile; le secret de la fabrication fut conservé, et cette liqueur constitue encore l'un des délices des Chinois (1). » L'auteur n'indique pas le procédé employé dans la préparation de cette bière; mais, comme pour le Zythus d'Egypte, on la faisait fermenter à l'aide de certaines herbes. Les Chinois préparent aussi une boisson avec le blé ou le millet de l'Inde infusé dans l'eau, et c'est aussi avec le millet ou le maïs que les tribus africaines fabriquent la bière qui forme le breuvage principal de toutes les races qui habitent ce grand continent.

On pourrait supposer que l'Amérique, pays d'origine du maïs, si employé en Afrique dans la fabrication de la bière, doit nous offrir des liqueurs nombreuses et variées, préparées à l'aide de cette importante céréale; les faits semblent cependant prouver que les Indiens de l'Amérique du Nord ne connaissaient, avant l'arrivée des Européens, aucune boisson enivrante; tandis que les Indiens de l'Amérique du Sud fabriquent avec le maïs un breuvage nommé *Chicha*, dont la préparation est fort intéressante pour les ethnologistes, parce que la fermentation du grain est déterminée à l'aide de la mastication par les femmes de la tribu. C'est surtout en Bolivie, chez les Coyas, que ce procédé dégoûtant est aujourd'hui en vogue; mais il n'est pas permis de douter que cette coutume provienne de l'ancien Pérou, et qu'elle ait été autrefois en vigueur sur tout le continent sud, si l'on tient compte des rapports qui existaient autrefois entre ce continent et les îles du Pacifique, où dans plusieurs groupes d'îles la seule boisson fermentée, l'*Ava* ou *Kava*, est préparée par la mastication des racines du poivre long. Dans quelques-uns de ces groupes d'îles et dans la Nouvelle-Zélande, la mastication n'est plus usitée, et l'on prépare le Kava en versant de l'eau sur les racines, tandis qu'on fait rôtir et qu'on écrase les tiges, sans les mâcher, avant de les faire infuser; on écrase aussi les feuilles de la plante, et on les arrose avec de l'eau, comme les racines (2). C'est aussi ce procédé qu'on emploie à Otahiti; mais, de même que dans l'Amérique du Sud le Chicha préparé par mastication est le plus estimé, de même aussi, dans les îles du Pacifique, les connaisseurs préfèrent de beaucoup le Kava mastiqué à celui qui est simplement préparé par broiement et infusion.

Le singulier procédé de fabrication des liqueurs par mastication

(1) Du Halde, *Histoire de la Chine*, II, p. 283.
(2) S. Morewood, *Inebriating Liquors*, 1824.

n'est pas confiné dans les îles de la mer du Sud et dans l'Amérique du Sud ; nous l'observons aussi dans l'île Formose, où le riz remplace le maïs dans la préparation du Kava. M. Morewood, qui a recueilli de nombreuses informations relativement aux boissons fermentées, nous dit que « les habitants de cette île, particulièrement ceux de la côte, préparent un vin de riz et le distillent habituellement à l'aide des procédés employés en Chine, mais que les habitants de l'intérieur, qui sont moins civilisés, fabriquent leur boisson d'une manière différente. Comme leurs voisins, ils cultivent le riz et en font leur nourriture ; mais, comme ils ne possèdent ni vin ni aucune autre liqueur forte, ils fabriquent, pour en tenir lieu, une sorte de breuvage qui, d'après le missionnaire Georgius Candidius, qui a résidé longtemps parmi eux, n'est ni moins agréable ni moins fort que tout autre vin. Cette liqueur est préparée par les femmes de la façon suivante : elles prennent une certaine quantité de riz, le font bouillir jusqu'à ce qu'il devienne mou, puis le réduisent en pâte ; elles prennent alors de la farine de riz qu'elles mâchent et qu'elles rejettent avec leur salive dans un vase, jusqu'à ce qu'il y en ait une certaine quantité ; elles s'en servent alors comme d'un levain qu'elles mélangent avec la pâte de riz, pétrissant le tout comme le font les boulangers. Elles placent ensuite la pâte dans un grand vase, versent de l'eau par-dessus et l'abandonnent à elle-même pendant deux mois. La liqueur fermente comme du vin nouveau, et devient d'autant meilleure qu'elle est conservée pendant plus longtemps. Elle reste bonne pendant plusieurs années et constitue une liqueur agréable, claire et pure comme de l'eau à la surface, mais épaisse et très fangeuse dans le fond du vase. Quand on n'ajoute pas d'eau à cette dernière partie, ainsi que cela arrive dans quelques cas, on la mange à la cuiller. Lorsque les indigènes vont travailler dans les champs, ils prennent un peu de la partie épaisse et fangeuse et l'emportent dans un vase de bambou ; un autre vase contient de l'eau : ils mélangent ensuite les deux, laissent reposer pendant quelque temps, puis boivent la liqueur pour se rafraîchir pendant la chaleur du jour (1). »

Nous voyons aussi que, chez les races aborigènes occupant une zone qui traverse le Pacifique depuis Formose à l'est, jusqu'au Pérou et la Bolivie à l'ouest, domine un procédé de fabrication particulier des boissons fermentées, qui peut être considéré par les nations civilisées comme dégoûtant. Les femmes en sont, dans tous les cas, les principaux ouvriers, les matériaux employés variant dans les différentes

(1) S. Morewood, *Inebriating Drinks*, 1824, p. 130.

localités avec l'état de l'agriculture, mais le procédé restant essentiellement le même, quoique les habitants de Formose, voisins des Chinois, qui sont davantage civilisés, aient adopté une méthode plus perfectionnée, qui consiste à faire bouillir le riz et à le réduire en pâte.

Les Japonais fabriquent avec le riz une bière très forte, nommée *Sacki*. Les habitants de Java préparent avec la même céréale deux sortes de liqueurs fermentées : l'une, nommée *Bodik*, fabriquée avec le riz bouilli et un ferment nommé *Razi*, qui consiste en ognons, en poivre noir et en piment (1); l'autre, nommée *Brom*, fabriquée avec le *Ketan* ou riz glutineux et le *Razi*, et enfouie pendant plusieurs mois, dans des vases clos, dans la terre. Cet enfouissement des liqueurs est aussi usité dans la préparation du Chicha de l'Amérique du Sud. On enfouit parfois, au moment de la naissance d'un enfant, une jarre de Chicha auquel on ajoute une grande quantité de bœuf, et on ne consomme le tout que le jour de son mariage.

Ce mélange de viande à une liqueur fermentée nous rappelle une liqueur célèbre, nommée *Lambwine*, préparée par les Tartares Mandchoux, à l'aide de viande d'agneau réduite en pâte et mélangée au lait de leurs animaux domestiques, ou broyée et mélangée de riz. Après que la fermentation s'est produite, on verse la liqueur dans des jarres et on la consomme sur place, ou bien on la transporte en Corée ou en Chine (2). Mais la boisson la plus habituelle de toutes les tribus tartares et mongoles est, depuis l'antiquité la plus reculée, le *Koumiss* ou *Kumiz*, décrit de la façon suivante dans le *Livre de Marco Polo*, traduit par le colonel Henry Yule : « On verse du lait frais de jument dans un vase en peau de cheval en forme de bouteille, bien sec; on y ajoute un peu de *Kurut* ou du lait de vache aigre, et, lorsque la fermentation acétique a commencé à se produire, on agite vivement à l'aide d'un bâton qui reste à demeure dans le vase; au bout de trois ou quatre jours, le breuvage est confectionné. Le Kumiz se conserve longtemps; il est très tonique et nutritif, et passe pour avoir guéri des gens atteints de phthisie; les tribus qui en font usage sont considérées comme étant à l'abri de la phthisie... Il possède une saveur et un arrière-goût particuliers. Rubruquis nous dit qu'il pique la langue lorsqu'on le boit, mais qu'il laisse dans la bouche un parfum agréable, analogue à celui du lait d'amandes... Les grecs et les chrétiens orientaux considèrent comme une sorte de renoncement à leur

(1) *Ibid.*, p. 69.
(2) S. Morewood, *ibid.*, 1824, p. 130.

foi de boire du Kumiz. D'autre part, les mahométans des tribus nomades paraissent faire usage du Kumiz, même lorsqu'ils s'astreignent à une abstinence de vin absolue... Le pouvoir enivrant du Kumiz varie suivant qu'il a été plus ou moins brassé. Plus la fermentation vineuse est avancée, moins son goût est acide et moins il pétille. Son action cependant n'est que faible et passagère; il ne laisse pas de sensation désagréable, mais il détermine une tendance prononcée à un sommeil réparateur... Il en existe une sorte particulière, nommée *Karà Kumiz*, mentionnée à la fois par Rubruquis et dans l'histoire de Wassaf. Il semble avoir été filtré et clarifié (1)... La boisson fabriquée avec le lait de jument des Scythes nomades est mentionnée par plusieurs auteurs anciens; mais la fabrication du Kumiz est particulièrement mentionnée par Hérodote, qui dit : « Le lait de jument est versé dans des vases en bois profonds, autour desquels on place des esclaves aveugles qui sont chargés d'agiter le lait. On recueille le lait qui monte à la surface et qui est considéré comme le meilleur; la portion inférieure est moins estimée (2). » Hérodote se trompe peut-être en ce qui concerne les vases en bois; du moins, tous les témoignages modernes indiquent les vases en peau comme les seuls employés (3).

Le « *Kurut* » employé pour produire la fermentation est fabriqué, d'après Rubruquis (4), avec le lait qui reste après qu'on a fait le beurre; on le laisse aigrir autant que possible, puis on le fait bouillir. « En bouillant, il caille; on le fait alors sécher au soleil; et il devient ainsi aussi dur que du fer; on le conserve dans des paniers pendant l'hiver. Pendant cette saison, lorsque le lait manque, on place le caillé, qu'on nomme *Griut*, dans un vase en peau; on verse de l'eau chaude par-dessus, et on agite vivement, jusqu'à ce que le caillé soit mélangé à l'eau, à laquelle il donne une saveur acide et qu'on boit en place de lait. Par-dessus tout, on évite de boire de l'eau pure (5). » On fabrique encore actuellement le *Griut* de la même façon, mais on se sert quelquefois du résidu de la distillation du lait d'Arack, et parfois aussi de lait de brebis.

Les Afghans fabriquent avec le lait une boisson semblable au Koumiss, et nous trouvons dans notre propre pays des traces d'une liqueur

(1) *Livre de Marco Polo*, traduit et édité avec des notes par le colonel Henry Yule, liv. I, chap. 53, note 1.

(2) Herodotus, édit. Rawlinson, IV, 2.

(3) Les Cafres emploient quelquefois pour ce lait soit des calebasses, soit des vases en bois, tandis que les Européens du Cap se servent de vastes jarres en terre.

(4) Moine envoyé en Orient comme ambassadeur par Louis XI, en 1253.

(5) *Livre de Marco Polo*, liv. I, chap. 54, note 5.

analogue, car, dans les *Transactions of the Devonshire Association* pour 1877, on peut lire la description d'une liqueur nommée « *White Ale* », qui passe pour avoir constitué un breuvage très communément employé jusqu'à une époque récente dans le sud du Devon et dans le Cornwall. Ce liquide, connu aussi sous le nom de « *Saint-Barnaby's cow's thick milk* », est considéré comme identique au « *Grout Ale* » dont parle l'évêque Hermet, parce que le ferment employé dans sa préparation se nomme encore *Grout* (1). Ce liquide, quoique fabriqué, d'après Boorde (1511-1549), avec « du malt et de l'eau », et le ferment particulier nommé *Grout*, nous paraît encore, d'après le nom traditionnel de « *thick milk* » qui lui est donné, et d'après le nom du ferment employé, dériver originairement du Koumiss des Tartares.

L'usage de boissons fabriquées avec le lait aigri, qui aujourd'hui paraît être confiné chez les races tartares de l'Asie, se retrouve chez les tribus cafres du sud de l'Afrique, qui les préparent d'une manière tout à fait semblable et les conservent avec le plus grand soin dans des vases en peau, placés sous la garde d'un homme du village, défense absolue étant faite à toute femme d'y toucher. Nous ignorons de quelle façon les Cafres ont acquis la possession du secret de la préparation du fameux breuvage des Scythes. Leur race provient évidemment de territoires situés plus au nord que ceux qu'ils habitent actuellement, mais il semble difficile d'établir entre eux et les Scythes aucune affinité. Nous constatons cependant qu'ils fabriquent et emploient un autre breuvage du Nord, ancien et fameux, l'hydromel ou bière de miel, nommée par les Bachapins *Boïálloa* (2). L'hydromel est également employé par les indigènes de l'île de Madagascar, et Poncet nous apprend qu'il constitue la boisson principale des habitants de l'Éthiopie; mais, dans l'hydromel de l'Éthiopie, le miel ne constitue que l'un des ingrédients de cette boisson, dont la fabrication est décrite de la façon suivante : « On malte jusqu'à un certain degré l'orge, qui forme la base de ce breuvage, puis on le grille comme le café, et on le réduit en poudre fine à laquelle on mélange une racine indigène, nommée *Taddo*, préalablement broyée. Cet hydromel diffère de celui des Cafres, qui est formé seulement de miel fermenté et d'eau, et ressemble ainsi davantage à la boisson des Scandinaves; les nations du Nord ne possédant pas une quantité de grains suffisante pour suffire à la fabrication de leur hydromel. »

(1) Le terme de *grout* s'applique à la fois à la farine employée dans la préparation des potages et à un ferment employé par les buveurs.

(2) Les Hottentots fabriquent aussi un hydromel en ajoutant à du miel la racine d'une plante ombellifère qu'ils nomment *Moor-Wortel*. (Voy. Thunberg.)

En Russie (1), on emploie actuellement l'hydromel. Il en existe deux sortes, l'une rouge et l'autre blanche, la première colorée avec le jus des canneberges, des fraises, des framboises ou des cerises. Cette liqueur constituait, à notre connaissance, le breuvage favori dans la Grande-Bretagne à l'époque des Anglo-Saxons, et était connue des Grecs et des Romains sous le nom d'*Hydromel*.

Wulfstan, pendant son voyage dans la Baltique, jusqu'en Prusse, au VIIIe siècle, remarqua que le peuple de ce pays ne buvait pas d'*ale*, parce qu'il possédait beaucoup de miel. La même observation avait été faite plusieurs siècles auparavant par Pythias, qui dit que l'hydromel constituait la boisson habituelle de la plupart des habitants, tandis que les riches buvaient du lait de jument ou peut-être une liqueur spiritueuse préparée avec ce lait (2).

Ces deux boissons, qui se présentent ensemble à notre observation comme communément employées toutes les deux par les nations du nord de l'Europe et de l'Asie, et encore consommées par les Cafres du sud de l'Afrique, ne paraissent pas avoir été connues des anciens Égyptiens. Quoique, en effet, le miel fût très estimé et employé en offrandes aux dieux, il était, paraît-il, rare en Égypte, car les fleurs manquaient au point qu'on était parfois obligé de transporter les abeilles sur le bas Nil pour leur permettre d'y trouver leur nourriture (3). Les Égyptiens étant agriculteurs plutôt que pasteurs, il était naturel également qu'ils empruntassent aux céréales la base de leurs boissons habituelles. Il est possible aussi que quelque préjugé religieux les ait empêchés d'employer le lait comme boisson commune. Dans l'Inde, où la vache est considérée comme un animal sacré, il semble qu'on trouve des traces d'une époque où les habitants avaient apporté de leur patrie septentrionale la connaissance du Koumiss de la Scythie; mais c'est le « *vin de Soma* », fabriqué avec le jus de la « plante à la lune » (*Asclepias acida*), qui est si hautement célébré dans les Védas.

M. Speir dit à ce sujet : « Indra, dit-on, trouva ce trésor dans le ciel, caché comme le nid d'un oiseau dans un rocher, au milieu d'un entassement d'immenses rocs entourés de buissons. » La fabrication de ce breuvage sacré est décrite de la façon suivante : « On écrase les tiges avec des pierres, et on en recueille le suc sur un filtre de poil de

(1) Le « *Quass* », boisson habituelle des paysans russes, est fabriqué avec de l'orge, du malt de riz et de la farine de riz agités dans l'eau. (Voy. S. Morewood, *Inebriating Drinks*, p. 258.)

(2) Morewood, *Inebriating Drinks*, p. 435.

(3) Wilkinson, *Ancient Egyptians*.

chèvre, puis on les presse entre les deux premiers doigts ornés de bagues en or. On mélange ensuite le suc avec de l'orge et du beurre clarifié; après qu'il a fermenté, on en verse une cuiller pour les dieux, une cuiller pour les prêtres, et l'on dit à Indra : « Plus ton ébriété est intense, plus tes actes sont propices. » Le vin de Soma constituait l'offrande la plus importante faite aux dieux; on cherchait la plante avec grand soin à la lumière de la lune, et on la transportait à la maison dans un chariot traîné par des béliers. Dans un des hymnes du Rig-Véda, Indra est appelé « Buveur de vin de Soma, lanceur des flèches de la foudre, dispensateur de la fécondité des vaches aux mâchoires proéminentes (1). »

De l'importance attribuée au Soma, M. Speir pense que nous pouvons déduire la localité habitée par les Indous à l'époque du Rig-Véda. « Le Soma, dit-il, est une plante cylindrique, lisse, grimpante, qui ne se trouve pas dans les sols riches, comme l'indique Royle, mais qui est localisée dans les montagnes de l'ouest de l'Inde, dans le désert situé au nord de Delhi, et dans les montagnes de Bolan Pass. Le Rig-Véda, par conséquent, ne peut pas avoir été composé sur le Gange (2). » Mais il existe d'autres points dignes d'intérêt en ce qui concerne ce sujet. Indra, le grand Dieu-nature des Indous, est, d'après M. Speir, lié au sacrifice du cheval en l'honneur du soleil, qui est considéré comme une marque de l'origine scythique des Indous; tandis que le Soma, si spécialement dédié à Indra, n'est pas seulement consacré à la lune, mais fut plus tard confondu comme divinité avec la lune. Il semblerait donc que nous devions voir en lui un mélange du culte nouveau des envahisseurs avec les vieux rites de la dynastie aborigène de la lune, tandis que la différence qui existe entre la fabrication du vin sacré de Soma et le mystique *Amrita* est également digne d'attirer notre attention. Le procédé employé dans la fabrication du premier est analogue à celui qui est en usage pour la préparation du Kava dans les îles où l'aurore de la civilisation a chassé le procédé de la mastication; pour le dernier, l'agitation de l'Océan au moyen de la montagne *Mandar* jouant le rôle de l'agitateur d'une baratte, et la propulsion de la précieuse liqueur à la surface de la mer, nous rappellent nécessairement le Koumiss des Scythes, tandis que le mélange d'orge et de beurre clarifié avec le vin de Soma doit suggérer à notre esprit l'idée que cette liqueur fameuse ne fut au début qu'une modification, nécessitée par les circonstances, de la bière

(1) Speir, *Life in Ancient India*, p. 52 et suiv.
(2) *Ibid.*, p. 55.

et du koumiss du Nord, le Soma n'étant employé d'abord, ainsi que l'avaient été plusieurs autres plantes, que comme ferment, puis étant ensuite traité, suivant la méthode adoptée par les indigènes avant l'invasion aryenne, avec addition des ingrédients que les envahisseurs avaient l'habitude d'employer dans leur patrie septentrionale. Le vin de Soma était une boisson sacrée, et les Instituts de Menu nous indiquent trois autres breuvages enivrants en usage chez les Indous : un fabriqué avec les détritus du sucre, un autre avec du riz broyé, et un troisième avec les fleurs du Madhuca, ce dernier encore fabriqué par les Bheels, qui sont considérés comme représentant la race aborigène (1).

Le vin de palmier ou *Tari*, nom primitif du moderne *Toddy*, constitue la boisson favorite de tous les pays dans lesquels croissent les Palmiers. Hérodote nous apprend qu'à l'époque de Cambyse (529 ans av. l'ère mod.) les Syriens distillaient un vin de palmier; et Strabon dit que, dans l'Arabie Heureuse, beaucoup de cultivateurs préparaient un vin de palmier très employé par les habitants. Il semble que, malgré la défense du Prophète, on prépare encore en Arabie des boissons enivrantes, car Niebuhr dit que, dans plusieurs parties de l'Arabie, les juifs fabriquent du vin et distillent une eau-de-vie, et que dans d'autres endroits on fabrique une sorte de bière assez semblable au *Curmi* des Egyptiens, à laquelle on donne une saveur agréable à l'aide de l'infusion d'une herbe nommée « Schebe » (2).

Les Bulgares fabriquent une liqueur faite avec le Sapin et boivent aussi une sorte d'hydromel. Beaucoup de fruits, de racines, de graminées (3) ont été employés dans divers pays à la préparation de boissons fermentées; mais la seule liqueur dont nous devions faire ici une mention spéciale est la *Pulque* du Mexique, fabriquée avec un *Agave* ou Aloes américain. Comme le vin de Soma de l'Inde, elle constituait autrefois un breuvage sacré; mais, comme le Kava des mers du Sud, elle était en même temps la boisson habituelle du peuple.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, les Indiens rouges ne possédaient pas de boisson fermentée; cependant Schoolcraft dit : « Il est bien certain que les Aztecs et autres Mexicains et les tribus du Sud possédaient leur pulque et d'autres liqueurs enivrantes, qu'ils fabri-

(1) Les Afghans fabriquent une liqueur faite avec du lait de brebis. En Islande, on conserve ce lait dans des barils pour le boire après qu'il a fermenté.

(2) S. Morewood, *Inebriating Drinks*, p. 55, p. 265.

(3) Les Kamtschatkiens fabriquent une eau-de-vie avec une graminée nommée « *Slalkaia-Kava* ».

quaient avec divers grains et fruits de leur pays. Mais cet art, ainsi que les plantes usitées, était limité à ces latitudes, et il n'existe aucun témoignage prouvant que ces liquides et les moyens de les fabriquer fussent connus des tribus situées au nord et à l'est du golfe du Mexique (1). » L'absence de boissons enivrantes chez les Indiens rouges militerait contre la théorie de leur origine asiatique, et aussi contre celle de l'unité de race du continent entier, de même que le penchant manifesté par ces tribus pour les liquides enivrants, depuis l'époque de l'introduction des liqueurs alcooliques par les hommes blancs, prouve qu'elles auraient continué à fabriquer et à consommer les boissons de leurs ancêtres et de leurs voisins si elles en avaient eu connaissance. Si donc elles étaient d'origine mongolique, il faudrait admettre qu'elles se sont séparées de la race mère avant que celle-ci se fût transformée en un peuple de pasteurs se délectant à boire le lait fermenté, dont l'usage s'est étendu sur le nord de l'Asie, a gagné l'Islande et le sud de l'Afrique, et occupait probablement le premier rang avant l'époque où il fut supplanté par les liqueurs fabriquées avec les grains fermentés et les autres liqueurs en usage chez les peuples agriculteurs, puis par le vin ou jus du raisin, employé par les peuples les plus avancés en civilisation.

Le vin de la vigne, qui nous est si familier aujourd'hui, date, comme nous le savons tous, de l'époque de Noé; mais son usage semble avoir été, dans les temps anciens, circonscrit à l'Asie occidentale, à l'Égypte, à la Grèce et à Rome. Dans les localités mêmes où la vigne croît abondamment, elle n'a pas toujours été employée à la fabrication du vin. En Chine par exemple, où la vigne pousse depuis les temps les plus reculés, le vin, si même on en a jamais fabriqué, ce qui est douteux, n'est jamais devenu populaire, et les vignes ont été, par décret de divers empereurs, arrachées à différentes époques. Nous apprenons, par le *Livre de Marco Polo*, que « le fondateur de la dynastie de Ming, en 1373, accepta de Thaynau, qui était célèbre par ses vignes, l'offre de vin et de vignes, mais qu'il défendit de lui en présenter de nouveau. » Nous savons aussi que, quoique des vignes excellentes croissent dans différentes parties de l'Éthiopie, on n'y fabrique pas de vin, et que l'hydromel y constitue la boisson principale. Cependant le jus du raisin était sans aucun doute connu et estimé, dans les temps anciens, chez les Hébreux, les Égyptiens, les Assyriens, les Persans, les Grecs et les Romains. Sir James Malcolm dit, dans son *Histoire de la Perse*, que « les indigènes savent par

(1) SCHOOLCRAFT, *The indian in his Wigwam.*

tradition que le vin fut découvert accidentellement par leur roi Jemisheed. Ce monarque, qui avait un goût très prononcé pour les raisins, en avait placé une certaine quantité dans un grand vase pour son usage ultérieur. Quelque temps après, en ouvrant le vase, on s'aperçut que les raisins avaient fermenté, et l'on supposa qu'ils étaient devenus toxiques. Une femme du harem, dégoûtée de la vie par une maladie nerveuse très cruelle, but une certaine quantité de ce prétendu poison, s'endormit, se réveilla en bon état et acheva de boire le poison. Le monarque profita de ce fait et perfectionna la liqueur pour son propre usage (1). »

Il est digne de remarque qu'en Orient, le vin, comme le koumiss des Tartares, était conservé dans des outres en peau. C'est ainsi qu'il fut introduit en Grèce et à Rome, et la force d'une habitude acquise est telle que, lorsqu'on eut adopté l'usage des jarres en terre, comme en Égypte et en Chine, on eut soin de les enduire à l'intérieur de résine et d'autres substances, dans le but de donner au vin, dans la mesure du possible, la saveur qu'il possédait lorsqu'on le conservait dans les outres en peau. Il semble que cette coutume se soit perpétuée chez les Grecs modernes, car Redding dit : « Le voyageur moderne ne peut boire en Grèce que très peu de vin sans eau, à cause des douleurs de tête qu'il provoque et qui sont dues à la résine, au goudron et aux autres ingrédients qu'on y fait infuser, comme on le faisait à l'époque d'Auguste (2). »

Pline énumère cinquante sortes de vins généreux ; trente-huit sortes de vins étrangers ; cinq sortes de vins salés, c'est-à-dire mélangés d'eau de mer ; dix-huit sortes de vins doux ; trois variétés de vins de second ordre, et soixante sortes de vins artificiels (3). Les plus estimés de tous ces vins par les Romains étaient ceux qu'on parfumait avec de la myrrhe. Les vins artificiels étaient fabriqués avec du moût auquel on ajoutait toutes sortes de plantes de jardins, telles que des radis, des asperges, du persil, de l'absinthe, etc. La plupart étaient des vins médicinaux, et il est digne de remarque que l'absinthe, dont la saveur est si désagréable, sert encore à la fabrication d'une liqueur très recherchée par les Français. En Égypte, on fabriquait aussi des vins artificiels avec des figues, des grenades et d'autres fruits, et l'on y ajoutait des herbes pour leur donner une saveur particulière et des propriétés médicinales (4). Il est même permis d'ajouter que

(1) Redding, *On moderne wines*, p. 33.
(2) *Ibid.*, p. 18.
(3) Pline, liv. XIV.
(4) Voy. Wilkinson, *Ancient Egyptians*.

l'usage des herbes comme médicaments est toujours lié à l'origine de toutes les boissons des sauvages anciens et modernes.

Le temps ne me permet pas d'entrer dans l'exposé de la question si intéressante des narcotiques et des poisons employés comme épreuves judiciaires; je ne puis pas entrer non plus dans le détail des boissons non fermentées en usage dans les différentes parties du monde, comme le *thé* en Chine et au Japon, le *maté* dans l'Amérique du Sud, la liqueur fabriquée au Brésil avec le *Guarana*, le *chocolat* du Mexique, le *café* de l'Arabie et de l'Afrique; mais en résumant ce que nous avons recueilli des rapports des voyageurs au sujet des stimulants indiqués plus haut, en usage dans les différents pays, nous devons, je crois, conclure que les races les plus inférieures mâchent communément des racines et des feuilles comme stimulants, et qu'elles ne possèdent pas de boissons enivrantes. Ainsi, nous voyons le *Pitbury* en usage chez les sauvages australiens. Les Bushmans et les Hottentots mâchent le *Kon* ou racine du *Mesembryanthemum emarcidum*, dont Thunberg dit : « Les Hottentots viennent de près et de loin chercher cet arbuste; ils recueillent la racine, les feuilles et les autres parties, et les mettent en corde comme le tabac, puis les laissent fermenter en tas et les conservent pour les mâcher, surtout lorsqu'ils ont soif. Lorsqu'on mâche la plante immédiatement après la fermentation, elle détermine de l'intoxication. » Il ajoute ensuite : « Les Hottentots qui traversent les déserts (*Karoo*) emploient différents moyens non seulement pour apaiser leur faim, mais encore et surtout pour étancher la soif. Indépendamment de la plante mentionnée plus haut, nommée *Kon* ou *Gunna*, ils en emploient deux autres : l'une, nommée *Kameka* ou *Barup*, qui passe pour avoir une racine volumineuse et aqueuse; l'autre, nommée *Ku*, qui ressemble à la première en ce qu'elle possède aussi une racine épaisse et succulente (1). » L'usage de l'*Areca* ou noix de bétel, mélangée à la chaux, est bien connu en ce qui concerne la Nouvelle-Guinée et plusieurs îles de l'Archipel oriental; une coutume analogue existe dans l'Amérique du Sud; Bollaert dit, en parlant des Indiens de Tarapaca : « Avec un peu de maïs grillé et de Coca, ils peuvent supporter plusieurs jours de marche dans les endroits les plus déserts. Ils mâchent la Coca avec le Kipta, sorte de cendre alcaline mélangée à la patate bouillie (2). »

Nous devons faire remarquer que l'usage de feuilles employées de cette façon est très général dans les pays chauds, où l'eau est rare et

(1) UREMBERG, *Account of the Cape of Good Hope*.
(2) W. BOLLAERT, *Antiquities of South America*, p. 250.

insalubre, et c'est sans doute à cette circonstance qu'il faut attribuer l'usage si universel des stimulants. Lorsque Moïse enfonça dans les eaux amères de Meribah une branche d'un certain arbre, il fit ce que les indigènes de l'Afrique et d'autres régions désertes sont contraints de faire par la nécessité de rendre potables, sinon agréables au goût, des eaux insalubres, à l'aide d'infusions d'herbes. C'est là sans doute qu'il faut voir l'origine des thés de diverses sortes qui sont consommés par les habitants de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique et dont une seule a acquis comme boisson la faveur des Européens, quoique nous ayons adopté aussi le café, le chocolat et le cacao, que nous avons reçus de leurs premiers consommateurs.

Nous devons aussi considérer comme la seconde phase de l'histoire des stimulants celle dans laquelle des feuilles ou des racines, préalablement mâchées, sont mises à infuser dans l'eau et subissent une légère fermentation, de façon à produire une boisson moyennement enivrante, comme le Kava des mers du Sud.

Chez les peuples agriculteurs, on broie et on fait infuser des *grains*, à la place des racines et des feuilles employées dans les temps plus anciens, et encore usitées pour donner du parfum aux diverses bières ainsi fabriquées et les faire fermenter. Le houblon était inconnu des anciens; mais diverses plantes le remplaçaient en ce qui concerne le parfum, et, quoique ces plantes ne jouissent pas au même degré de la propriété de faire conserver les liqueurs, elles aidaient dans une certaine mesure à la fermentation. On nous dit que « les Cafres n'ont pas de levain, mais qu'ils le remplacent par une singulière substance: c'est la tige d'une plante qu'ils font sécher et conservent pour cet usage (1), » tandis que le houblon chinois est une préparation contenant un levain qui détermine la fermentation.

Dans les tribus de pasteurs, le lait des troupeaux constitue la boisson la plus naturelle; l'impossibilité de le conserver longtemps frais et la rapidité avec laquelle il fermente, ont dû conduire à l'employer sous la forme d'un stimulant puissant, tandis que, dans un état avancé de la civilisation, le jus du raisin, soit produit par le pays, soit importé, remplace graduellement les boissons des âges primitifs. Mais on peut toujours tracer avec quelque précision les phases primitives par lesquelles chacune de ces coutumes a passé. Ainsi l'habitude de mâcher les feuilles qu'ont les sauvages soit pour apaiser leur soif, soit pour accroître leurs forces, est conservée par les peuples agriculteurs sous la forme médicinale, une efficacité particulière étant attribuée à la mastication. C'est ainsi que, dans le

(1) Wood, *Natural History of Man* (Africa), p. 6.

centre de l'Afrique, on mâche la racine du Kava et on l'applique ensuite sur les plaies pour combattre le ver *N'gwa*. La fermentation des grains fut probablement au début déterminée par la mastication, de la même façon que l'on fait fermenter aujourd'hui le Kava dans les mers du Sud; mais ce procédé est maintenant confiné au Chicha de l'Amérique du Sud et à la bière de riz de Formose, ainsi que nous l'avons dit plus haut, tandis que les propriétés stimulantes attachées à diverses plantes et découvertes par les sauvages, ont été utilisées dans tous les temps au point de vue médicinal. La déification de diverses plantes que nous trouvons à l'origine des religions, et leur dédicace à différents dieux, atteint son point culminant dans le culte universel de Bacchus, le dieu du vin, de la Grèce et de Rome civilisées. La propriété de procurer la santé, attribuée aux divers breuvages que nous avons décrits plus haut, donna à leur usage un caractère religieux, de sorte que toutes les orgies de l'ivresse, depuis les libations du Kava des mers du Sud jusqu'aux fêtes de la Grèce civilisée, eurent pour origine les offrandes faites aux dieux. De même que diverses cérémonies, entre autres celle qui a survécu jusqu'à nous de boire la santé aux jours de fête, eurent pour point de départ l'usage des boissons fermentées, de même aussi certaines prohibitions furent attachées à cet usage. Il était défendu aux prêtres d'Héliopolis et d'autres lieux de boire du vin; chez les Cafres, il est interdit aux femmes de toucher aux vases qui renferment le lait; dans les premiers temps de l'histoire romaine, il était défendu aux femmes de boire du vin.

On paraît aussi avoir attribué une certaine importance aux vases destinés aux boissons. Chez les peuples les plus anciens, les vases à boire avaient une forme telle qu'ils pussent être vidés d'un seul coup. Dans les mers du Sud, on boit encore le Kava dans des coupes faites avec une feuille de bananier qu'on vide d'un trait et qu'on renverse avant de les faire remplir de nouveau.

La feuille a peut-être été considérée comme le réceptacle le plus convenable pour les produits de la plante, car nous constatons que, même à des époques où les poteries étaient abondantes, on employait des feuilles pour fabriquer les vases à boire. Pline nous dit que les Egyptiens tressaient les feuilles de Colocasia avec tant d'adresse qu'ils s'en servaient pour boire. Dans plusieurs parties de l'Afrique, on fabrique encore avec des graminées des vases destinés à conserver la bière et le lait, « on tresse des paniers de diverses couleurs, assez serrés pour tenir l'eau (1). »

(1) Bollaert, *Antiquities of South America*, p. 157.

On a trouvé des vases analogues auprès des momies du Pérou, et nous pouvons peut-être considérer les treillis délicats qui entourent les vases en porcelaine de la Chine comme un reste d'une coutume semblable.

Je n'ai rien dit de l'art de la distillation, parce qu'il est relativement moderne. Son invention est d'ordinaire attribuée aux Arabes; mais il était sans aucun doute très anciennement connu des Tartares, qui préparaient avec leur koumiss un alcool nommée *Araka*, terme qui, à cause de sa haute antiquité, peut avec quelque raison être considéré comme la source véritable de laquelle l'Araka des Indiens a tiré son nom (1). On suppose que Pline fait allusion à cet art dans le passage suivant : « O merveilleux artifice du vice! il a su découvrir le moyen de faire que l'eau elle-même puisse être enivante (2). » Zozimus passe pour avoir figuré au quatrième ou cinquième siècle un alambic ; mais, quelle que puisse être l'antiquité de cet art, le malheur de notre civilisation moderne devait être d'introduire chez les peuples sauvages cette pernicieuse eau-de-feu, qui dans bien des lieux a supplanté les stimulants moyennement fermentés, auxquels ces peuples étaient accoutumés, et est devenue l'un des principaux facteurs de leur rapide destruction.

A. W. Buckland (3).

(1) S. Morewood, *Inebriating Liquors*, p. 67.
(2) Pline, liv. XIV, p. 22.
(3) In *The Journal of the Anthropol. Instit. of Great Brit. and Irel.*, fév. 1879.

LA PLANTE ET L'HOMME DANS LEURS RAPPORTS RÉCIPROQUES

Par le Dr Ernest Hallier
Professeur à l'Université d'Iéna.

Si nous considérons le règne végétal dans ses rapports avec nous, avec les autres animaux, avec la nature inorganique et même avec l'univers entier, nous voyons clairement combien chaque être dépend du tout et de toutes les autres créatures, et en même temps combien le tout dépend des individus et de leur action combinée.

La plante nous fournit des aliments, des vêtements, des jouissances, de la protection, des demeures, de la lumière et de la chaleur ; il n'y a pour ainsi dire pas de travail humain, pas de douleur et pas de joie auxquels la plante ne contribue plus ou moins directement. Et d'un autre côté ce n'est que par l'existence de l'homme, de l'animal et de la nature inorganique que celle des plantes est rendue possible.

Les plantes sont les intermédiaires entre le règne animal et le règne minéral, entre la terre et l'atmosphère. La plante produit la provision de carbone dont les animaux ont besoin pour leur existence, n'étant pas en état eux-mêmes de le retirer de l'air ; car il n'y a que la cellule pourvue de chlorophylle de la plante qui ait la faculté de décomposer l'acide carbonique de l'air. La plante absorbe de nombreuses combinaisons inorganiques du sol, qu'elle rend aux animaux. Sous l'influence de la lumière solaire, la plante s'élève, dominant la loi de pesanteur, et, par cette victoire des forces solaires sur les forces telluriques, elle entre en rapport avec le kosmos. Nous passerons successivement en revue les aliments et les agents de jouissance, les vêtements, la demeure, le chauffage, l'éclairage, les ustensiles tirés du règne végétal, la part des plantes dans la construction du sol sur lequel nous vivons, les odeurs et les couleurs qu'elles nous procurent, et la jouissance esthétique que nous éprouvons devant de belles formes isolées ou réunies dans un paysage. Enfin nous ne pouvons pas passer sous silence l'influence pernicieuse des végétaux, les poisons, les épines, les poils brûlants, les mauvaises odeurs, et surtout les dégâts faits par les plantes parasites. — Ces derniers nous éclairent sur l'harmonie qui existe dans toute la nature, parce que les influences pernicieuses et bienfaitrices sont aussi intimement liées que les défauts d'un homme énergique le sont avec ses bonnes qualités.

I

Les plantes envisagées comme aliments et comme moyens de jouissance. — Si l'on se représente la terre dépourvue de plantes vertes, tout le règne animal, y compris le genre humain, disparaît du même coup.

Ceci doit paraître incroyable à celui qui n'a pas étudié la composition des organismes, et pourtant c'est littéralement vrai, et nous pourrons l'expliquer par quelques faits bien simples. L'élément fondamental de tout ce que nous mangeons est le carbone. Lorsqu'un organisme quelconque se dessèche, de sorte que la plus grande partie de l'eau qu'il contient s'échappe, il reste deux espèces de combinaisons de carbone, celles qui contiennent de l'azote et d'autres qui sont dépourvues d'azote, les hydrates de carbone. Les deux sont absolument indispensables à la vie des plantes et des animaux, et, dans un organisme séché à l'air libre, toutes les autres substances, ce qu'on appelle les éléments des cendres, restant après l'incinération, ne représentent qu'une proportion bien plus insignifiante. Cette provision immense de combinaisons de carbone, accumulée dans tous les animaux et dans toutes les plantes de la terre, vient de l'air et en est tirée par les parties vertes des plantes. Les petites cellules vertes intérieures (endoplastes) ont la propriété remarquable de décomposer l'acide carbonique de l'air en ses deux éléments : le carbone et l'oxygène, et de combiner en un corps solide le carbone avec de l'oxygène et de l'hydrogène. Cette fixation du carbone dérivé de l'acide carbonique de l'air, que les chimistes ne savent pas expliquer jusqu'à présent, s'est faite depuis des milliards d'années sur la terre, et tout l'acide carbonique aurait disparu depuis longtemps de l'air si une grande partie du carbone emmagasiné n'était constamment de nouveau brûlé. La décomposition de l'acide carbonique par la chlorophylle est un phénomène de réduction ; des combinaisons de carbone pauvres en oxygène sont formées à l'aide de l'acide carbonique, qui est riche en oxygène. Une partie de l'oxygène devient donc libre sous forme de gaz et s'échappe dans l'air. On peut se convaincre très facilement de ce fait, en plaçant une partie verte d'une plante submergée dans l'eau sous un verre qu'on expose aux rayons du soleil. Après quelque temps, on voit s'élever des parties vertes, et surtout dans les points endommagés, des bulles de gaz consistant en oxygène exhalé par la plante. La lumière est indispensable pour que cette expérience

réussisse. Dans l'obscurité, il n'y a pas de décomposition de l'acide carbonique et par conséquent pas d'exhalation d'oxygène.

En dehors de la cellule pourvue de chlorophylle, de l'acide carbonique et de la lumière, ce phénomène important exige encore un certain degré de chaleur, et l'absorption de sels de potasse et de sels ferrugineux du sol nutritif dans lequel croissent les plantes.

Je dois faire ressortir encore une fois expressément que les cellules pourvues de chlorophylle seules sont en état de produire la provision de carbone nécessaire aux organismes. Ce sont donc elles qui pourvoient à la nutrition de tous les animaux et de toutes les cellules végétales dépourvues de chlorophylle.

Nous avons vu que l'acide carbonique de l'air devrait disparaître, si un autre phénomène ne la restituait pas. Et dans des époques antérieures de l'histoire de la terre, par exemple dans la période carbonifère, l'air a été en effet beaucoup plus riche en acide carbonique, sans que cela fût nuisible aux plantes. Des expériences ont prouvé que des plantes prospèrent encore admirablement dans un air contenant 50 0/0 d'acide carbonique. La vie des vertébrés supérieurs et surtout de l'homme aurait été impossible dans une atmosphère aussi riche en acide carbonique. A présent, l'équilibre s'est fait jusqu'à un certain point, c'est-à-dire que le règne végétal prend autant d'acide carbonique à l'atmosphère qu'il lui en est rendu d'autre part par l'oxydation.

Tandis que les parties vertes de la plante produisent, pendant tout le temps qu'elles sont éclairées, des combinaisons de carbone qui servent à construire le corps de la plante, fonction qu'on a appelée assimilation, une partie des aliments est détruite de nouveau pendant la nuit, et constamment dans toutes les cellules de la plante qui se trouvent dans l'obscurité. Ceci a lieu par la transsubstantiation et par la croissance.

Par l'assimilation, la chlorophylle forme ce qu'on appelle des matières de réserve, telles que l'amidon, l'inuline, des corps gras, de la protéine, etc. Celles-ci sont déposées dans les cellules et circulent surtout pendant la nuit, à l'état de dissolution, de cellule en cellule, pour servir de matériel de construction aux membranes des cellules, au plasma, etc. On a donné à ce phénomène le nom de transsubstantiation. Il se produit dans toutes les cellules animales et végétales, et aussi dans les cellules vertes pendant l'obscurité. Par cette transsubstantiation, une partie des matières de réserve est de nouveau oxydée, c'est-à-dire qu'en absorbant de l'oxygène elles sont brûlées en laissant de l'acide carbonique et de l'eau; car par combustion on entend

l'oxydation de matières riches en carbone. C'est pourquoi tous les tissus végétaux exhalent de l'acide carbonique dans l'obscurité, même les tissus verts qui exhalent de l'oxygène pendant le jour. Tous les tissus animaux et tous les tissus végétaux se trouvant dans l'obscurité, par exemple ceux qui se trouvent dans le sol, exhalent incessamment de l'acide carbonique. A cause de cela il est malsain de dormir sous des arbres ou dans l'herbe, car l'acide carbonique, aspiré en grande quantité, agit comme un poison.

Dans un certain sens, la transsubstantiation de la plante agit donc dans une direction opposée à l'assimilation. Par l'assimilation, le poids de la plante augmente; par la transsubstantiation, il diminue en général. Comme les plantes assimilent presque sans cesse et qu'elles emmagasinent beaucoup plus de carbone qu'il ne s'en perd par la transsubstantiation, elles ont pour ainsi dire une vie éternelle en comparaison de celle des animaux, car ceux-ci ne peuvent pas assimiler dans le sens que nous venons de décrire: ils n'ont que la transsubstantiation qui est toujours accompagnée de perte de substance. En accord avec cela, toute la surface de notre corps cède constamment de l'acide carbonique à l'atmosphère; de grandes quantités sont surtout excrétées par les poumons, tandis que ceux-ci et tout le corps absorbent constamment de l'oxygène. Cette circonstance, qui prouve notre dépendance complète du monde végétal, a encore besoin d'être traitée en détail.

Les matières nommées plus haut: l'amidon, les corps gras, l'albumine, etc., ne servent pas seulement à construire le corps de la plante; elles servent aussi à l'alimentation et même constituent la seule alimentation de l'homme et des animaux. L'amidon, les corps gras, le sucre, la protéine, toute la partie soluble des tissus cellulaires, voilà de quoi est construit le règne animal. De quoi vivons-nous donc? En partie directement de plantes, et en particulier des parties de la plante qui ont emmagasiné de grandes quantités de matières de réserve, telles que l'amidon des pommes de terre et des céréales, les matières protéiques des légumes, etc. D'autre part, nous mangeons aussi des animaux, mais de quoi vivent ceux-ci? Ils se dévorent entre eux, et nous revenons toujours au règne végétal comme magasin de l'alimentation de tous les organismes.

Dans la transsubstantiation, du calorique devient constamment libre par suite de la combustion; c'est pourquoi la température de notre corps est ordinairement assez élevée. Il est vrai que la plante a aussi une température à elle; mais elle est beaucoup plus basse que la nôtre, parce que de grandes quantités de calorique sont constam-

ment employées par l'assimilation. Si nos corps pouvaient former de la chlorophylle, la même chose arriverait chez nous; la température de nos corps serait très modérée. Quand on a la fièvre, la transsubstantiation est accélérée et la température plus élevée; la consommation de matière qui s'y joint nécessairement peut devenir si rapide, que l'épuisement et la mort s'ensuivent. Des plantes sans chlorophylle, se trouvant donc sous ce rapport dans les mêmes conditions que les animaux, produisent souvent une très haute température par leur transsubstantiation, ainsi par exemple les champignons des moisissures et de levûre qui produisent la fermentation et la putréfaction.

Nous avons déjà dit que la cellule pourvue de chlorophylle produit deux espèces de matières alimentaires, savoir : des corps non azotés, tels que l'amidon, le sucre, la graisse, etc., et des matières protéiques, azotées. Les deux sont indispensables à la plante, et nous pouvons établir très exactement leur rôle. Les corps non azotés servent à construire les membranes cellulaires, et participent en outre à la formation de nouveau plasma. La matière azotée forme cependant la base du plasma. Celui-ci étant le point de départ de tous les mouvements et de toutes les formations nouvelles, il est naturellement la partie la plus importante de la plante, qui doit avant tout prendre soin de son entretien. Il est très important que l'alimentation de l'homme comme des animaux soit formée de ces deux groupes de combinaisons de carbone, avec et sans azote. Notre nourriture est donc de deux espèces, qu'elle vienne du règne végétal ou du règne animal : les corps gras provenant des plantes ou des animaux, le sucre, l'amidon, l'inuline, la gélatine végétale et la matière cellulaire soluble composent une des séries; le plasma des plantes et ses produits, c'est-à-dire la matière azotée déposée dans les tissus, composent l'autre série. Celle-ci est représentée dans l'alimentation animale par la viande et les œufs, tandis que le lait appartient en quelque sorte aux deux espèces d'aliments.

Le corps humain est formé, il est vrai, comme le corps de la plante, de cellules; mais, dans les animaux, la cellule ne possède pas la membrane de cellulose, corps non azoté, qui existe dans les cellules végétales. Nous voyons donc que dans la structure du corps humain la matière azotée a la plus grande part. Une alimentation uniquement composée d'hydrates de carbone, comme l'eau sucrée par exemple, ne pourrait donc pas nous suffire; il nous faut avant tout des légumes azotés, des céréales surtout, si les cellules extérieures très azotées du grain restent dans la farine, au lieu d'être éloignées avec le son. Ceci explique pourquoi tous les peuples qui vivent principalement d'ali-

ments peu azotés, comme les Indiens, sont sans vigueur et paresseux, et mènent plutôt une vie contemplative qu'active. D'un autre côté, nous ne devons pas oublier que, pour former le plasma, il doit se faire dans le corps humain, aussi bien que dans la plante, une combustion dont les hydrates de carbone et les corps gras fournissent les matériaux. Pendant l'activité des muscles, il se détruit constamment du plasma; et des protéines, des hydrates de carbone sont nécessaires pour les recomposer. Par suite de cette destruction, il se développe de la chaleur qui n'est pas utilisée pour des phénomènes de réduction, comme chez la plante. Celui qui fait des travaux fatigants a donc besoin de plus de pain, de graisse et d'autres matières peu azotées, que celui qui mène une vie sédentaire. On sait que le système nerveux en général, surtout la moelle épinière et le cerveau, sont les intermédiaires non seulement des mouvements corporels, mais aussi des sensations et de l'activité psychique. Cette matière nerveuse très azotée a donc besoin, à mesure qu'elle se dépense, d'être remplacée par une alimentation azotée. En outre, le système nerveux et particulièrement le cerveau ont besoin d'une quantité considérable de combinaisons phosphorées, et ces phosphates se trouvent le plus abondamment dans la matière azotée des plantes, telle que le gluten des céréales et la légumine des légumes. Les poissons, les huîtres et autres produits de la mer, favorisent aussi particulièrement l'alimentation du cerveau, à cause de leur richesse en phosphates.

Nous devons dire ici quelques mots du végétarianisme. Les observations précédentes prouvent qu'il est possible de se suffire par une alimentation exclusivement végétale; mais il reste à décider s'il est utile de se borner à cette alimentation. Parmi les nombreuses objections qu'on peut faire valoir, nous ne voulons en faire ressortir que quelques-unes. Si l'on veut se restreindre à une nourriture végétale, le choix des aliments sera surtout très difficile si la vie intellectuelle est active, car on ne peut guère vivre de pain bis et de légumes. Des peuples qui, comme plusieurs tribus asiatiques, vivent de riz, qui est presque dépourvu d'azote, doivent en dévorer des quantités énormes, pour satisfaire le besoin qu'a leur corps de matière azotée, et cette manière de vivre les rend paresseux de corps et d'esprit. Mais la variété des aliments est aussi une des jouissances de la vie, et pourquoi ne favoriserait-on pas de toutes les manières une jouissance innocente? Un peuple civilisé ne se restreindra donc jamais à quelques rares aliments, mais il cherchera au contraire à se procurer les produits des règnes animal et végétal de toutes les zones. Les végétariens disent que les viandes et les boissons fermentées excitent le système

nerveux et éveillent la sensualité, l'emportement et toutes les passions; cela est vrai lorsqu'on abuse de ces aliments. Mais il est insensé de vouloir élever des hommes entièrement exempts de passions par une alimentation végétale, car toutes les manifestations de nobles penchants, d'amour, de génie artistique, d'activité industrielle et scientifique sont accompagnées d'excitation nerveuse; si l'on veut débiliter et atrophier le système nerveux, on éteindra en même temps tout élan vers ce qui est noble et grand. Choisissons donc en ceci, comme en toute chose, le terme moyen, pour lequel nous avons donné plus haut les indications générales. Notre développement intellectuel dépend pour beaucoup de notre alimentation variée, quoique nous ne puissions pas encore indiquer cette connexion dans tous ses détails. Les excitants, tels que les spiritueux, les alcaloïdes, les épices fortes ou aromatiques, ont une action sur notre système nerveux, mais cette action n'est pas toujours pernicieuse. Tous nos rèves et toutes nos pensées changeraient, si nous devions nous priver de cette nourriture excitante.

II

Nous voici arrivés au second point de notre étude, les plantes envisagées comme moyen de jouissance.

Le goût et l'odorat sont les moins développés de nos sens, et, quoiqu'ils soient en même temps les plus égoïstes, on ferait bien de les cultiver, car ils sont les sentinelles de notre bien-être corporel. Une mauvaise odeur nous avertit d'un danger, car les choses nauséabondes ont presque toujours une influence pernicieuse sur les poumons et sur le sang. Un mauvais goût nous avertit de même d'éviter certains mets. Mais, en dehors de leur rôle de sentinelle, ces sens ont encore une grande influence sur toutes nos sensations. Tout dépend dans la vie journalière de notre humeur, et celle-ci dépend à son tour de notre état nerveux et d'influences extérieures agissant sur nos nerfs. La saveur désagréable d'un mets suffit quelquefois à nous rendre maussade. Ce qui rend les aliments et les boissons agréables au goût nous vient pour la majeure partie du règne végétal. Les hydrates de carbone, que nous avons nommés en premier lieu parmi les matériaux combustibles, nous fournissent un condiment sous la forme du sucre. L'amidon, l'inuline, les corps gras, etc., qui sont très fades de goût par eux-mêmes, deviennent immédiatement plus agréables dès qu'on y ajoute du sucre, des acides végétaux ou du sel de cuisine. Le

sucre est de plus la forme la plus digestive des hydrates de carbone, et l'amidon est aussi transformé d'abord en sucre par la digestion. Ces condiments sont absolument nécessaires, l'homme ayant une aversion décidée pour les aliments tout à fait insipides.

« Le vin réjouit le cœur de l'homme, » nous dit déjà une vieille tradition, et cela est vrai, car aucune jouissance sensuelle n'est aussi propre à éveiller une innocente gaieté que l'usage modéré de boissons spiritueuses. C'est là la vraie jouissance de la sociabilité. Il est facile d'expliquer en quoi consiste cet agrément. Pris en petite quantité, l'alcool a une influence excitante et vivifiante sur le système nerveux et par là sur toute la vie psychique. Les sensations deviennent plus vives, l'enchaînement des idées plus rapide. Mais le danger qui accompagne cette jouissance est d'autant plus grand, qu'il se produit peu à peu et sous la forme la plus agréable. L'alcool concentré est pour tous les organismes un poison des plus dangereux, parce qu'il absorbe l'eau des cellules et tue ainsi les tissus. Ce n'est pas la seule substance qui soit bienfaisante étant étendue, et pernicieuse à l'état concentré. Ainsi le vinaigre, c'est-à-dire l'acide acétique étendu, est non seulement agréable comme condiment, mais encore accélère la digestion ; par contre, l'acide acétique concentré est nuisible. De même, il existe une petite quantité d'acide chlorhydrique dans l'estomac, et cet acide est un des principaux agents de la digestion, et cependant à l'état de concentration il exerce une action mortelle.

C'est la caféine qui produit l'action excitante du café, du thé et du cacao. Mais ces trois plantes ne sont nullement les seules qui contiennent de la caféine ou un alcaloïde analogue. Il faut mentionner ici, en premier lieu, les feuilles de Coca. Cette plante croît dans l'Amérique du Sud ; ses feuilles exercent une influence si bienfaisante sur le système nerveux, que les Indiens font souvent pendant plusieurs jours les marches les plus fatigantes, sans avoir autre chose pour se soutenir que de l'eau et quelques feuilles fraîches de Coca, qu'ils mâchent toute la journée. Dans les États de Paraguay, d'Uruguay, de la Plata, dans le Pérou, on use d'une boisson excitante appelée Maté. Elle est faite avec les feuilles de plusieurs espèces d'*Ilex*. Dans les îles de l'océan Indien, on se sert du thé d'*Ilex Casine* Ait. ; dans l'île de la Réunion, des feuilles d'une Orchidée : *Angræcum fragrans ;* les Indiens de l'Amérique du Nord aiment le *Thé d'Oswego*, fait avec les feuilles de l'*Ilex vomitoria* Ait., etc. Et ces faits, dont on pourrait encore augmenter le nombre, ne sont pas isolés ou insignifiants : au Pérou et dans la Bolivie, il y a plus de 10 millions d'habitants qui font usage des feuilles de Coca.

L'alcaloïde de ces plantes peut aussi exercer une influence pernicieuse sur le système nerveux, lorsqu'on en use avec excès; cependant les suites ne sont d'ordinaire pas aussi fatales que celles de l'abus des spiritueux.

Il existe encore un troisième groupe d'excitants dans le règne végétal, qu'on peut appeler des narcotiques. Les principaux sont le tabac, l'opium, le haschisch et le bétel. Tous les quatre sont narcotiques; mais le tabac est le moins dangereux: ce n'est que par un usage immodéré qu'il peut avoir des effets nuisibles. Il n'en est pas de même pour le haschisch, l'opium et le bétel. Ces ingrédients ne seront probablement jamais admis dans des cercles de gens bien élevés, car ils produisent de grands troubles dans l'organisme et dans toutes les fonctions physiques.

Le haschisch est fait avec les fleurs du chanvre indien, qu'on prépare de différentes manières. Il est surtout en usage chez plusieurs peuplades du nord de l'Afrique et de l'Asie. Son action délirante conduit à des vices et à des orgies si abominables, que la plume se refuse même à les indiquer. L'abus de l'opium n'est guère moins fatal. On le prépare surtout en Chine, du suc laiteux des pavots de jardin dont les anciens Grecs connaissaient déjà les qualités. Pris en très petite quantité, l'opium exerce une action bienfaisante; mais, plus encore que pour les spiritueux, la jouissance augmente le désir, et il se déclare souvent une véritable passion qui mène presque inévitablement ses victimes à leur perte. Dans de grandes villes, il y a déjà par-ci par-là des estaminets d'opium, mais ils craignent avec raison la lumière du jour et la police, et l'usage de l'opium sera difficilement admis dans notre société.

On peut dire la même chose avec plus de certitude encore de l'usage du bétel, si répandu parmi les peuples de la Malaisie. La noix du palmier Areka, soumise d'abord à des moyens corrosifs, est enveloppée dans une feuille de bétel et mâchée avec elle. Plus de 100 millions d'habitants de l'Asie mâchent le bétel, ce qui donne une triste idée de l'état de la civilisation dans ces contrées.

III

Les plantes envisagées comme productrices de vêtements. — Il est probable que des cavernes naturelles furent les premières habitations, et les peaux d'animaux les premiers vêtements des hommes. Avant que

des produits végétaux fussent transformés en tissus, on était arrivé à un degré bien supérieur de civilisation.

Chez les Esquimaux, nous trouvons encore les exemples les plus primitifs de vêtements empruntés au règne végétal. Les hommes, les femmes, et jusqu'aux enfants à la mamelle, se servent de grands paillassons de mousse des tourbières. Les Lapons coupent avec leurs couteaux en os deux carrés d'égale grandeur du gazon de polytric, et ils placent un de ces morceaux de manière que le gazon de mousse forme une couche moelleuse, et ils se servent de l'autre morceau avec la mousse en bas, comme d'une couverture. Dans les pays chauds, la grande feuille d'un palmier éventail ou d'un bananier est un vêtement suffisant et en même temps rafraîchissant, tandis que le paillasson de mousse sèche protège contre le froid.

Tous les vêtements employés dans les contrées à climat froid ou variable doivent être de mauvais conducteurs de la chaleur. Karl Müller a absolument tort d'affirmer que la cellule végétale est un mauvais conducteur de la chaleur. On n'a qu'à appliquer une feuille quelconque contre la joue, et on s'apercevra du contraire par une sensation rafraîchissante. Le tissu végétal à l'état frais est un assez bon conducteur de la chaleur. Mais dès que le tissu meurt, les cellules perdent leur plasma et leur contenu liquide; elles se dessèchent et se remplissent d'air, et elles deviennent alors de mauvais conducteurs de la chaleur, comme toutes les substances dont la réfrangibilité est très variable, c'est-à-dire qui sont composées de corps alternativement plus denses et moins denses. Dans la cellule, la cloison dense alterne avec le contenu d'air peu dense, et, dans le tissu desséché, cette différence se répète un nombre incalculable de fois. La mauvaise conductibilité de la chaleur a ici une cause analogue à la couleur blanche de corps incolores en eux-mêmes, mais de densité très différente, mêlés ensemble, par exemple l'air et l'eau (l'écume), l'air et la membrane cellulaire (des poils, de la laine).

Les couvertures, les vêtements n'ont pas, par eux-mêmes, une température différente de celle de l'air environnant, mais ils enveloppent le corps et empêchent sa chaleur de s'échapper. Les matériaux dont ils sont faits sont des tissus végétaux ou animaux morts, tels que des fourrures, des plumes, des poils, de la laine, du coton, du lin, des écorces, du chanvre, etc. Toutes les cellules des matières énumérées contiennent de l'air, et plus elles en contiennent, plus le vêtement garde la chaleur. Le cuir est comparativement frais au toucher, parce que ses cellules ne contiennent que peu d'air.

Dans toute fabrication d'étoffes, l'homme a encore cherché à

augmenter l'action du tissu et de l'air. En se servant de peaux entières soit d'ours, de brebis, de renards ou d'autres rongeurs, cela n'est pas nécessaire, parce que les poils emmêlés font assez alterner l'air et les cellules animales. Mais, dans les tissus, l'air peut passer partout entre les fils; c'est pourquoi une étoffe de laine donne un vêtement plus chaud qu'une peau de mouton. Les tissus végétaux peuvent rarement servir de vêtement sans préparation préalable. Ce sont les écorces qui sont le plus employées dans ce but. L'écorce d'une plante des Indes occidentales (*Lagetta lintearia*) présente un tissu ressemblant au tulle ; mais cette étoffe diaphane est plutôt un article de luxe qu'un véritable vêtement.

En Europe, on se sert principalement de matières animales pour se couvrir la tête : le feutre, la soie, la laine ont la préférence; cependant on emploie aussi le coton. En été, on porte beaucoup de chapeaux de paille; dans les contrées marécageuses, on se sert aussi de chapeaux de joncs, et dans les pays chauds on emploie souvent des chapeaux en écorce. On emploie surtout la paille du froment, du seigle et du riz. Le grand avantage de ces chapeaux consiste en ce que, quand même les tiges de la paille sont desséchées et aplaties, les cellules sont cependant en partie remplies d'air. Ce sont donc aussi de mauvais conducteurs de la chaleur, et par suite ils tiennent la grande chaleur extérieure éloignée de la tête. La paille protégeant aussi bien contre la grande chaleur que contre le froid, elle doit ses propriétés non à sa chaleur spécifique, mais uniquement à sa mauvaise conductibilité. Des chapeaux de paille tiennent la tête fraîche, des souliers de paille empêchent les pieds de se geler. Pour la même raison, on met de la paille dans les traîneaux. On tresse des chapeaux d'écorce avec les fibres de plantes très différentes appartenant surtout à la famille des Palmiers. Les feuilles de tous les palmiers contiennent des faisceaux de vaisseaux très résistants, qui ne se ramifient pas et qui forment ainsi des fibres très longues, flexibles et de grosseur égale, qu'on isole facilement en déchirant la feuille.

Dans les pays civilisés, on choisit malheureusement pour la chaussure presque sans exception le cuir imperméable. Des souliers faits avec des étoffes de provenance végétale ou tout au moins de laine ou de soie devraient avoir de beaucoup la préférence, parce qu'ils n'enveloppent pas si hermétiquement le pied et qu'ils lui conservent cependant une chaleur plus égale. On ne devrait porter des chaussures de cuir que dehors, pour se préserver de l'humidité. Dans quelques pays, surtout dans les contrées marécageuses, on porte aussi des chaussures de bois.

IV

Les maisons et le confort intérieur. — Lorsque les hommes eurent quitté les cavernes, les huttes d'argile ou les arbres dans lesquels vivaient quelques tribus, ils se firent des tentes de peaux d'animaux pour se garantir contre les intempéries du climat, mais bien plus souvent ils élevèrent des constructions avec des produits du règne végétal.

Les constructions de pilotis dans l'eau (les palafittes) ou sur terre furent non seulement les premières maisons chez beaucoup de peuples, mais on s'en sert encore dans les pays très boisés si les besoins sont modestes et si la nature n'offre pas d'autres ressources à proximité. Les premières habitations furent très différentes suivant les besoins et les ressources. Sous le climat des tropiques, une gigantesque feuille de palmier suffit pour construire un abri. Pour les constructions en bois, la forme la plus simple a toujours été la maison faite avec des troncs d'arbre, le blockhaus. Si le bois a quelque épaisseur, les maisons de bois ont toujours le grand avantage de la chaleur, parce que le bois est plus mauvais conducteur que n'importe quelle pierre.

On emploie naturellement les essences que le pays produit ou que le commerce peut procurer au prix le plus modique; cependant on donne la préférence aux arbres à aiguilles, parce que leur bois se laisse fendre plus facilement, à cause de l'homogénéité de ses fibres, et se prête par conséquent mieux à faire des poutres, des madriers et des planches. Lorsqu'il s'agit de résister aux mauvaises influences de l'humidité, on préfère le bois de chêne, par exemple pour la construction des vaisseaux et pour les traverses des chemins de fer. L'emploi du chêne à l'intérieur des maisons est plutôt affaire de luxe.

Dans les pays chauds, les toits des maisons sont souvent faits de feuilles de palmier ou d'autres feuilles de grande dimension. Ailleurs, on emploie les grands pétioles des cocotiers, des palmiers à dattes et d'autres comme chevrons, sur lesquels on étend d'autres feuilles. On construisit d'abord des toits plats sur les maisons de pierre et de bois; on les remplaça ensuite par des voûtes de pierre, et ce ne fut que beaucoup plus tard qu'on reconnut que les toits en pignon sont la meilleure forme. Tant que le bois n'était pas très coûteux, on construisait le toit entier en bois. Dans les pays boisés, on le fait encore; les chevrons sont recouverts de planches ou de bardeaux, posés sur

des lattes. A mesure que le prix du bois augmentait, les toits en tuiles ou en ardoises devinrent plus communs. A la campagne, on voyait jadis surtout le toit de chaume, très durable et très chaud, mais dangereux par son inflammabilité. Les toits de tuiles et d'ardoises retiennent naturellement le moins la chaleur. Récemment, on est revenu en maint endroit aux toits en matières végétales, depuis qu'on a inventé le carton pour toits. On construit aujourd'hui des maisons entières et des bateaux en carton.

Si nous passons à la distribution intérieure des maisons, nous voyons que les planchers, les portes, les fenêtres, souvent même les plafonds sont faits en bois de différentes espèces, parmi lesquelles le bois de pin est encore le plus généralement employé. On garnit les fenêtres de jalousies en bois ou de rideaux de toute espèce, fabriqués presque toujours de matières végétales, et dans ces derniers temps beaucoup de bois ; les tapis de bois sont un véritable article de luxe, et en Amérique on tapisse quelquefois les chambres avec les feuilles élégantes et multicolores de l'érable et d'autres arbres. Le papier à tapisser ordinaire, fabriqué de chiffon et d'autres produits végétaux, est remplacé quelquefois, dans des appartements somptueux, par de la soie ou par d'autres étoffes. Les escaliers, les balustrades, la plupart des détails sont en bois à l'intérieur des maisons, ainsi que dans les vaisseaux, qui sont des maisons flottantes.

V

Les plantes envisagées comme combustibles. — Depuis des temps immémoriaux, on a fait des feux de bois pour préparer les aliments et dans les pays froids pour élever la température. On fut longtemps sans découvrir que la terre nous offre aussi des matières combustibles. Il est probable que la tourbe a été employée pendant longtemps; ensuite on trouva la houille, la lignite et par-ci par-là la poix minérale et le pétrole. Nous devons toutes ces substances au règne végétal, et ce n'est que rarement que des produits du règne animal sont employés pour produire de la chaleur.

Lorsqu'en automne les feuilles de la forêt tombent sur le sol, il se produit sous l'influence de l'humidité et des parasites végétaux inférieurs (les champignons de fermentation et de moisissure) un processus de putréfaction, pendant lequel il se développe lentement de

la chaleur, parce qu'il consiste en une véritable oxydation. Dans un tas de fumier, la fermentation peut devenir si forte, que dans certaines circonstances une inflammation spontanée peut avoir lieu.

Partout où des cadavres végétaux sont amoncelés en grande quantité, ils subissent cette putréfaction, déterminée par des organismes inférieurs, mais dont la terminaison peut être très diverse. Lorsque des parties tendres, telles que le feuillage, le foin, la paille, etc., pourrissent rapidement, leur structure est ordinairement détruite, l'oxydation est complète, et il ne reste qu'une matière terreuse, qui renferme d'excellents principes nutritifs pour les plantes. Les choses se passent ordinairement ainsi dans les forêts, et en général dans les endroits non submergés.

Mais lorsque les matières pourrissantes sont elles-mêmes très humides ou submergées soit pendant quelque temps, soit à la longue, les progrès de la putréfaction sont très lents, et finalement il reste le squelette entier du tissu végétal transformé en carbone presque pur. Cette putréfaction lente a lieu dans les formations des tourbières, des lignites et de la houille.

Sur les bords de la mer, on voit souvent se produire cette formation de carbone, quoique incomplète, dans un temps incroyablement court. Lorsque la tempête a amoncelé des grandes quantités de varech, plantes de la famille des algues, en tas hauts comme des maisons, ces végétaux, très facilement décomposables, pourrissent si rapidement sous l'influence de l'humidité, de la lumière et de la chaleur solaire, qu'au bout de quelques semaines ils sont souvent déjà changés en masses noires et charbonneuses. Si alors le temps devient sec, ils se raccornissent en une matière très friable et très combustible, et les habitants des côtes s'en servent souvent pour alimenter le feu.

Ce qui s'accomplit rapidement ici se passe très lentement dans la formation de la tourbe. On appelle marais des étendues plus ou moins grandes de terre très humide ou submergée, sur lesquelles prospère une végétation toute particulière. Parmi les plantes supérieures dominent les joncs, les laîches, les sauergras, tandis que les süngras sont plus rares, ensuite le saule des marais, les myrtilles et leurs congénères, les bruyères, dans les endroits montagneux les rhododendrons des Alpes et les gentianes. Mais les mousses, surtout la mousse des tourbières, ont plus d'importance que toutes ces phanérogames. Elles sont la véritable cause de la formation de la tourbe, qui se produit de la façon suivante. Les mousses des tourbières ont dans leurs feuilles et quelquefois aussi à la surface de leurs tiges des cellules particulières, munies de pores ronds et relativement grands, qui for-

ment de véritables trous. Ces longues cellules agissent comme des tubes capillaires; elles aspirent l'eau dès que celle-ci se trouve à leur portée. Comme les mousses vivent en grandes sociétés et que le nombre de leurs feuilles est énorme en proportion de leur taille, elles font l'effet d'une éponge, et un gazon de mousse peut retenir des masses d'eau extraordinaires. Sous l'influence de l'eau tenue en suspension, les parties inférieures de la mousse et de toutes les autres plantes croissant dans le marécage pourrissent, tandis que de nouvelles plantes se forment constamment au-dessus de celles qui sont en putréfaction. Ainsi les couches de cadavres végétaux se succèdent de génération en génération et acquièrent une épaisseur de plusieurs pieds ou même de plusieurs mètres, tandis qu'au-dessus s'épanouit une végétation nouvelle. Par la lente oxydation, il se forme ici aussi une masse charbonneuse de ces cadavres végétaux, plus ou moins mêlée de terre et de matières, de cendres, d'après les localités et les genres de plantes. Si plus tard on dessèche le marais par le drainage, on peut récolter la tourbe. S'il y a des arbres et des arbustes, ils contribuent à la formation des couches. Les troncs renversés restent naturellement dans le marais et s'y enfoncent. Ces forêts marécageuses entièrement incultes deviennent de plus en plus rares en Allemagne. La forêt de la Sprée en est encore un reste. Dans l'Amérique du Nord, on trouve de grands marais couverts de conifères, et entre les tropiques il existe un grand nombre de forêts marécageuses.

Les forêts qui ont péri donnent de la houille, d'abord poreuse et foliacée, puis se durcissant de plus en plus. Dans les houilles diluviennes, il existe très souvent des empreintes et des restes de feuilles, de fruits, de fleurs d'arbres les plus différents, même de mousses et d'autres plantes tendres. On trouve cette houille diluvienne sur les bords de l'Elbe, près du Lauenbourg. Les changements de niveau ont la plus grande influence sur cette formation de houille. Toutes les côtes de la mer s'élèvent ou s'abaissent, et entre les deux il existe des temps d'arrêt momentané. Cette élévation et cet abaissement ne se bornent naturellement pas aux côtes, mais ont lieu partout; seulement ces changements sont beaucoup plus difficiles à mesurer dans l'intérieur des terres. D'après les géologues, le sol ferme de la terre est une mince écorce qui entoure un noyau en fusion. Dans les points où de grands fleuves se jettent dans la mer, il se produit naturellement, dans le courant des siècles, une véritable augmentation de la pesanteur de cette écorce, car chaque fleuve entraîne incessamment vers la mer de grandes masses de sable et de limon et en dépose la plus grande partie devant son embouchure. Pour cette raison,

les côtes de la mer s'abaissent près des embouchures des grands fleuves. Ainsi toute la côte de l'Allemagne du nord s'abaisse sous l'influence de l'Oder, de l'Elbe et du Rhin. Tout le sud-est de l'Amérique septentrionale s'affaisse sous l'influence du Mississipi; l'est et le sud de l'Asie, sous celle des grands fleuves de l'Inde et de la Chine. Cet abaissement doit naturellement être compensé dans d'autres endroits; c'est pourquoi toutes les côtes éloignées de grandes embouchures s'élèvent.

Bien que cet abaissement se fasse lentement, il est d'un mètre et plus par siècle dans certains endroits. S'il y a une forêt près de la côte, elle doit disparaître peu à peu dans la mer, et la formation de la houille doit s'effectuer. Le fleuve recouvre ensuite la forêt submergée d'une couche de sable et de gravier. C'est ainsi qu'il existe une forêt de grande étendue au fond de la mer, sur la côte occidentale du Schleswig; les violentes tempêtes jettent souvent sur la côte de Helgoland de grandes plaques d'une légère houille, dans laquelle on retrouve encore les restes bien conservés de toutes sortes d'arbres et de plantes, des feuilles, des fruits, etc.

Dans quelques endroits, on emploie déjà la houille diluvienne comme combustible, mais en général on la trouve en couches de peu d'épaisseur. Les couches de lignite des différentes périodes de l'époque tertiaire sont assez communes et souvent d'une très grande épaisseur. La valeur des lignites diffère beaucoup d'après leur degré de compacité et d'après la proportion de matières terreuses qu'elles contiennent.

La houille est en général plus pure et plus dure que la lignite. La grande dureté vient en grande partie de ce que d'énormes masses rocheuses reposent presque toujours sur la houille ; il se peut que la température beaucoup plus élevée de l'intérieur de la terre à l'époque carbonifère y ait aussi contribué.

Les dépôts de houille sont si considérables qu'ils suffiront encore pendant des siècles, malgré l'exploitation toujours croissante qu'on en fait, et, avant qu'ils soient épuisés, on se sera sans doute procuré d'autres sources de chaleur.

Il est à espérer en outre qu'on s'occupera de plus en plus du reboisement, non seulement à cause de la valeur du bois, mais aussi pour des raisons climatériques.

On distingue le bois à brûler en bois tendre et dur. Dans nos contrées, le saule, le peuplier, le tilleul donnent le bois le plus tendre ; puis viennent les bois de pin et de sapin. Le bois de bouleau et d'aune est déjà plus dur, et plus encore le bois de chêne et de hêtre,

et aussi celui des arbres fruitiers. La valeur du bois à chauffer augmente avec sa dureté.

La combustion des cadavres végétaux pour produire de la chaleur est, à vrai dire, un procédé bien élémentaire. On peut prévoir qu'on réussira dans un avenir peu éloigné à la remplacer, probablement par les machines thermo-électriques.

Il est curieux que les cadavres végétaux qui fournissent le meilleur combustible sont très peu propres à faire du feu. Primitivement, on faisait enflammer deux morceaux de bois de dureté inégale en les frottant l'un contre l'autre; mais cette méthode est abandonnée par tous les peuples civilisés, parce qu'elle prend trop de temps, et maintenant on se sert de différentes matières minérales pour faire du feu.

VI

Les plantes comme source de lumière. — Il est douteux qu'il existe des fleurs lumineuses, comme on le prétendait au temps de Linné; on peut si facilement se tromper à cet égard en prenant de la lumière réfléchie pour une lumière propre. Cependant il n'y a rien d'improbable à ce qu'il se produise une petite quantité de lumière pendant la combustion lente qui se fait surtout la nuit. Mais les cadavres végétaux qui pourrissent, c'est-à-dire brûlent, sous l'influence des cellules de fermentation, sont souvent très lumineux; il en est ainsi par exemple du bois et des champignons pourris.

Mais cette lumière, quoique très distincte, ne suffit pas pour lire et écrire. On n'a donc pas pu utiliser directement jusqu'ici la luminosité des plantes.

On s'est servi naturellement de la lumière qui se développe pendant la combustion rapide du bois et de la houille. Le mode le plus grossier d'éclairage est le feu de bois, qui sert en même temps à chauffer. Les torches de bois sont encore beaucoup en usage, par exemple dans maint village de la Thuringe. On choisit à cet effet du bois de pin résineux.

Plus tard, on a employé de préférence de la graisse animale, parce qu'elle brûle plus économiquement et donne moins de fumée que le bois, lorsqu'une mèche végétale en est lentement imbibée. L'Esquimau et le Lapon brûlent dans leur lampe de l'huile de baleine. Les peuples de l'antiquité, qui connaissaient aussi déjà les lampes, y mettaient généralement de l'huile d'olive, c'est-à-dire une huile végétale.

Il n'y a qu'un pas à faire de la lampe à la chandelle. Toute la

différence consiste en ce que le réceptacle de la lampe est épargné ; à la rigueur, on peut fixer une chandelle sur la table. La fabrication des chandelles repose sur ce fait qu'il faut une température bien au-dessus de la moyenne pour que certaines huiles restent liquides. Si la température descend, l'huile gèle. Cette huile, durcie par la congélation, est appelée graisse dans la vie ordinaire. On peut donc changer les graisses en huile en les chauffant, et on utilise cette circonstance pour couler des chandelles. Jusque vers le milieu de notre siècle, les chandelles de graisse de mouton étaient encore un article important de commerce ; mais, depuis une trentaine d'années, l'usage en est bien diminué. On s'est aussi beaucoup servi de cire, qui est d'origine végétale, mais qui a été récoltée par les abeilles. Mais la cire est d'un prix élevé pour servir à l'éclairage journalier de toutes les classes du peuple. Aujourd'hui, on emploie partout la graisse facilement solidifiable des cétacés, c'est-à-dire la stéarine. Depuis l'invention des lampes d'Argand, qui unissent l'avantage d'une absorption égale et lente de l'huile à celui d'une aération excellente, les chandelles et les bougies sont beaucoup moins employées. Ces lampes brûlent moins et ne donnent presque pas de fumée, qui n'est que du carbone très divisé, mais non consumé.

Le gaz et le pétrole ont fait une révolution complète dans les systèmes d'éclairage ; nous les devons tous les deux au règne végétal.

Le pétrole se trouve dans le sol, dans le voisinage des grands gisements houillers, il est produit soit par la combustion souterraine de la houille, soit par l'influence de la chaleur intérieure de la terre. On le trouve dans beaucoup d'endroits ; mais quelques contrées des Etats-Unis en fournissent des quantités qui suffisent presque au commerce du monde entier.

Le grand avantage de l'éclairage par le gaz ne consiste pas seulement dans la modicité du prix, mais surtout dans la possibilité de pourvoir une multitude de becs à l'aide d'un système de tuyaux et d'un seul réservoir. De plus, on n'a pas besoin de mèche ni de mécanisme pour l'aération, puisque le courant de chaleur qui se produit est assez fort pour attirer de tous côtés l'oxygène de l'air vers la flamme.

La part que le règne végétal a dans l'éclairage se trouvera bientôt probablement fort diminuée, car l'emploi de la lumière électrique deviendra bientôt très général, maintenant qu'on a trouvé le moyen de la diviser ; non seulement les frais sont excessivement modérés, mais on évite aussi tous les produits désagréables de la combustion, tels que la fumée, plusieurs gaz nuisibles, etc.

VII

Le règne végétal et l'industrie. — Quelle importance la houille n'a-t-elle pas pour l'industrie ! Sans les combustibles empruntés au règne végétal, il n'y aurait pas de machine à vapeur. Le fer ne rendrait presque plus de services, parce qu'il ne pourrait être fondu, et de même les autres métaux. C'est aux matières combustibles que nous devons l'énorme activité de notre industrie moderne.

Nous ne pouvons faire qu'un choix fort limité dans les milliers de produits que l'industrie tire du règne végétal. Un des plus importants pour notre vie intellectuelle est sans doute le papier. Le nom du papier vient de Papyrus, une laîche coupante (le Souchet), qu'on trouve à l'état sauvage dans le nord de l'Afrique, surtout sur les bords du Nil, et qu'on cultive dans des étangs dans le midi de l'Europe, dans l'île de Sicile. La tige de cette herbe, qui atteint de deux à trois mètres de hauteur, est remplie d'une moelle blanche très homogène. Les anciens Egyptiens employaient les bandes longitudinales de cette herbe comme papier à écrire, après en avoir collé quelques-unes ensemble. Sous les empereurs romains, la préparation du papyrus était très répandue ; mais, pour des notes ou des lettres, on se servait de tablettes de cire, qui avaient l'avantage, pour l'usage journalier, de laisser effacer facilement l'écriture burinée dessus, de sorte qu'on pouvait se servir plusieurs fois des mêmes tabletttes.

Plus tard, vers le IXe siècle, on fabriqua du papier de coton.

Tous les peuples civilisés ont eu une manière quelconque de faire des annotations écrites. La manière la plus ancienne, parce qu'elle est la plus simple, est de graver des caractères dans la pierre. Mais la pierre étant difficilement transportable, on chercha des tissus végétaux de grandes dimensions. Plusieurs peuples des tropiques ont employé les feuilles de palmier, assez grandes et assez dures pour qu'on puisse y graver des caractères au moyen d'un burin.

Le Chinois emploient le bois d'une plante des marais de la famille des Papilionacées (*Æschynomene paludosa*) qui est d'une blancheur de neige et qu'ils coupent en tranches très minces, sur lesquelles on peut écrire, dessiner et peindre sans autre préparation. C'est un papier très fin, qu'on appelle à tort papier de riz. Les Chinois connaissent en outre depuis très longtemps une fabrication de papier analogue à la nôtre. La partie essentielle de la méthode européenne consiste à

séparer au moyen d'une machine les fibres d'un tissu végétal. Ces fibres sont ensuite étendues en une couche mince et égale sur un châssis, le plus possible dans toutes les directions.

Au fond, ce n'est qu'un perfectionnement de la préparation du papyrus. On collait aussi les bandes en long et en travers les unes sur les autres pour obtenir partout une surface aussi égale que possible. Il est très digne de remarque que des peuples différents, n'ayant eu aucune relation ensemble, ont employé des procédés tout à fait analogues dans leurs inventions industrielles. Ainsi les anciens Mexicains ont utilisé les feuilles de l'*Agave americana* pour en faire du papier. Ils les laissaient macérer dans l'eau, de sorte que le tissu cellulaire succulent disparaissait et qu'il ne restait que les faisceaux filamenteux. Plusieurs de ces réseaux filamenteux étaient ensuite collés les uns sur les autres, en faisant croiser les filaments pour obtenir une surface à peu près lisse.

Au moyen âge (XIe et XIIe siècles), on écrivait aussi sur des peaux d'animaux (le parchemin); plus tard, on n'en fit que rarement usage. Dans la première moitié de notre siècle, on avait des livres de notes avec quelques feuillets de parchemin, qui présentaient l'avantage qu'on pouvait effacer ce qui avait été écrit au crayon.

Les Arabes passent pour avoir apporté vers 704, de la Boukharie, du papier fait avec du coton, et pour l'avoir répandu en Espagne pendant le XIe siècle. Dans le XIIIe siècle, on construisit dans ce pays des moulins à papier qui, de là, se répandirent partout en Europe. On attribue aussi aux Arabes l'invention du papier de toile et de chanvre. Le papier de lin surpasse tous les autres en flexibilité, en ténacité et en finesse. Le papier de bois, qui devient de plus en plus général, est particulièrement cassant. Avec plus ou moins de profit, on peut faire du papier avec toutes les plantes filamenteuses.

Les anciens écrivaient avec des pointes taillées dans un grand roseau du midi de l'Europe (*Arundo Donax*). Aujourd'hui, ce ne sont plus que les porte-plume et l'enveloppe des crayons qui sont faits en bois.

Le papier est employé de plus en plus pour les usages les plus divers. Avec des chiffons de laine, on fait du papier brouillard; avec différentes étoffes grossières, on fait du carton et du papier d'emballage; on en fait aussi avec de la paille. La pulpe de papier mêlée de gypse ou de craie et de matières agglutinantes est souvent employée à la fabrication d'ornements, de figures, de boîtes, d'une quantité de petits objets, et en particulier de reliefs cartographiques. Nous avons déjà parlé des tissus de lin, de chanvre, de coton, de laine et de soie,

dont la fabrication est beaucoup plus ancienne que celle du papier; nous voulons seulement encore observer que, pour cette dernière, l'emploi des chiffons est préférable à celui de matières fraîches, parce que les fibres des chiffons ont acquis par l'usage une plus grande flexibilité.

L'encre à écrire et à imprimer nous sont fournies en partie aussi par le règne végétal. La vieille encre noire de la noix de galle est préférable à la plupart des nouvelles encres. On la prépare en faisant macérer des noix de galle bouillies dans du sulfate ferreux et de la gomme. Pour faire des encres de couleurs diverses, on se sert d'indigo, de garance (*Asperula tinctoria*) et d'autres produits végétaux. L'encre à imprimer est faite de noir de fumée broyé avec des huiles grasses. Le règne végétal a aussi fourni la matière dont on fit les premiers caractères; mais bientôt on délaissa le bois pour le métal. La gravure sur bois est au contraire toujours très usitée et très appréciée dans l'art.

Nous nous contenterons de donner quelques indications sur les usages multiples qu'on peut faire du bois. Les sculptures sur bois étaient plus communes au moyen âge; aujourd'hui, on cultive cet art surtout en Suisse et dans le Tyrol. On n'en finirait pas d'énumérer les objets de bois, depuis les grandes œuvres d'art jusqu'aux petits joujoux, les meubles, les coffres, etc.

Il faut dire aussi quelques mots de la vannerie. On emploie surtout l'osier pour faire des corbeilles, et différentes espèces de joncs pour tresser des chaises. La paille, des écorces d'arbres exotiques, des fibres de la noix de coco et d'autres produits végétaux servent à fabriquer des paillassons. On tresse des joncs pour en faire toute espèce d'objets; l'écorce de tilleul sert à faire des tapis de table. Dans la passementerie, on emploie la laine, la soie, le coton et le lin; parmi les matières colorantes, nous ne nommerons que l'alkanna, tiré de la racine d'*Alkanna tinctoria*; le Pastel (*Isatis*); l'Indigo (*Indigofera*), qui donne une couleur bleue; la Gaude (*Reseda*); les *Mauves* (*Althæa rosea*); les Myrtilles, dont la couleur pourpre est souvent employée à colorer le vin, le Carthamne des teinturiers (*Carthamus*), etc.

Au Mexique, on se sert de calebasses, et, dans d'autres pays de l'Amérique, de courges, pour en faire des vases, des ustensiles. Le charbon de bois même est employé à différents usages. Sans parler de son utilité culinaire, le charbon fin sert à dessiner, et les jardiniers l'emploient, à cause de ses qualités antiseptiques, pour améliorer le terrain. Il y a des sucs laiteux, tels que la gomme-gutte, la résine, etc., qu'on emploie à faire la laque et à différents usages. La

gomme de beaucoup d'Acacias d'Afrique sert de colle ; on en fabrique aussi plusieurs pâtes, des capsules, des bonbons médicinaux et autres. La Gomme adragante des espèces asiatiques de l'*Astragalus* est employée dans la pharmacie et dans les bonbons. La Gomme-gutte est une des plus belles couleurs jaunes. Elle est produite par plusieurs espèces du genre Garcinia de l'Amérique du Sud. Dans les pays chauds, les figuiers (*Ficus*), les Siphonies et beaucoup d'autres arbres fournissent le caoutchouc et la gutta-percha. Les conifères fournissent des produits résineux qui ont une véritable importance commerciale.

VIII

De la part que prennent les plantes à la formation du sol. — Une grande partie de la terre est couverte de plantes, particulièrement dans la zone de l'équateur, la vraie patrie du règne végétal dans la période géologique actuelle. La végétation, qui donne, par sa nature particulière, la physionomie aux paysages, disparaît en général sans laisser de traces de son existence, si l'abaissement des côtes ou la main de l'homme y met fin. Cependant nous avons déjà vu que, dans certaines circonstances, des couches minces ou épaisses de tourbe, de lignite ou de houille témoignent de flores disparues.

Quelle que soit l'importance de cette formation de tourbe et de houille, elle est dépassée de beaucoup par celle d'autres phénomènes dans le règne végétal, qui paraissent insignifiants.

Nous voulons parler, en premier lieu, de la formation de chaux d'eau douce par l'action des plantes.

Dans les régions calcaires, presque tous les ruisseaux contiennent du carbonate de chaux dissous. Le carbonate de chaux n'est pas soluble dans l'eau, mais il se dissout sous la forme de bicarbonate de chaux dans de l'eau contenant de l'acide carbonique, comme c'est le cas pour beaucoup de cours d'eau des montagnes ; ceux-ci dissolvent la chaux jusqu'à saturation, s'ils traversent un terrain calcaire.

Cette chaux, dérobée à la montagne, est de nouveau transformée en pierre compacte par les plantes vertes croissant dans le ruisseau, surtout par les Characées, mais aussi par les Potamées, les Naiadées, même par les Mousses, comme le Polytric, et par des herbes à moitié plongées dans l'eau. Cette formation est simplement due au besoin qu'ont les plantes d'acide carbonique.

Nous avons vu dans la première partie de notre travail que, par la décomposition de l'acide carbonique de l'air, les plantes vertes emmagasinent tout le carbone dont elles et tous les autres organismes ont besoin. Les plantes et les parties de plantes vivant dans l'eau ne sont pas en contact direct avec l'air atmosphérique ; elles sont donc réduites à l'acide carbonique suspendu dans l'eau et, lorsque celui-ci est épuisé, au bicarbonate de chaux également dissous. Les cellules pourvues de chlorophylle le dépouillent d'une partie d'acide carbonique, tandis que l'autre partie reste unie à la chaux sous la forme de carbonate simple. Et comme ce carbonate est insoluble dans l'eau, il est précipité à l'endroit même où il s'est formé, c'est-à-dire à la surface des plantes vertes. Celles-ci se recouvrent ainsi d'une croûte de chaux.

Si l'eau apporte d'autre acide carbonique, il se forme de nouveau du bicarbonate de chaux soluble, et de cette manière les plantes ont une provision inépuisable d'acide carbonique. Dans ce travail incessant, de minces croûtes de carbonate de chaux sont déposées les unes sur les autres sur des millions de millions de petites plantes; la partie inférieure de ces plantes meurt, étant entièrement enfermée dans la chaux; mais de nouvelles pousses portent des semences qui germent plus tard, et il se reforme une couche toujours verte sur la couche de plantes pétrifiées. Ainsi d'énormes rochers sont bâtis de siècle en siècle par l'activité silencieuse et imperceptible des Charagnes, des Mousses, des Laiches et d'autres plantes aquatiques. Tous les vallons latéraux de la vallée de la Saal, en Thuringe, sont remplis de bancs de chaux d'eau douce, souvent d'une hauteur considérable. Cette chaux est ordinairement poreuse, et l'on y reconnaît distinctement les incrustations et les empreintes des plantes qui ont contribué à sa formation. On y trouve par-ci par-là des coquillages d'eau douce, des empreintes d'arbres qui ont vécu sur le bord de l'eau, etc. Des villes entières, Iéna, Halle et d'autres, sont bâties avec cette pierre poreuse, ainsi que de nombreux villages, par exemple presque tous ceux du milieu de la vallée de la Saal.

Cette formation de roches a eu lieu depuis que la terre est recouverte de végétaux, et les roches de l'époque tertiaire nous font connaître les organismes qui vivaient alors dans l'eau douce.

Ces plantes ne sont nullement les seules qui contribuent à former la croûte de la terre ; leur action peut même paraître insignifiante à côté de celle d'autres organismes plus petits.

Les Diatomées, qui vivent dans l'eau douce et dans l'eau salée, sont des organismes unicellulaires, ayant la propriété d'absorber et de

retenir dans leurs membranes cellulaires de grandes quantités d'acide silicique dissous dans l'eau. Elles se multiplient par la division incessante de leurs cellules se répétant toujours dans la même direction. Les naturalistes les ont rangées jadis parmi les animaux, à cause de certains mouvements qu'elles ont en commun avec beaucoup de plantes et d'animaux inférieurs. Lorsque le célèbre zoologiste Ehrenberg parle d'Infusoires dont les carapaces silicifiées bâtissent des rochers, il a surtout en vue les Diatomées, qui, d'après la classification adoptée aujourd'hui, n'ont aucune parenté avec les Infusoires, et que tous les botanistes rangent dans le règne végétal. Ces petits organismes se multiplient si rapidement, et le nombre de leurs espèces et de leurs genres est si immense, que dans des circonstances favorables, par exemple dans les endroits peu profonds et dans le limon des côtes de la mer, ainsi que dans certains endroits humides de l'intérieur des terres, ils bâtissent des couches de rochers et de terre, parce qu'en mourant leurs membranes cellulaires silicifiées s'unissent avec de la terre et un ciment quelconque en couches plus ou moins poreuses ou compactes.

Dans la bruyère des environs de Lunebourg, on peut juger de la part extraordinaire que les Diatomées ont aujourd'hui encore à la formation de la terre; il y a là des gisements de Diatomées qui ont en certains points de 9 à 10 mètres d'épaisseur. Berlin est bâti sur un gisement d'argile dont l'épaisseur varie de 2 à 33 mètres, et qui consiste pour deux tiers en Diatomées. La pierre à polir de Bilin est presque composée en entier de Diatomées.

Le genre de vie des Diatomées est encore très énigmatique. Elles contiennent une matière colorante, la diatomine, qui, d'après A.-L. Smith, donne au spectroscope une image semblable à celle de la chlorophylle; on lui attribue aussi la propriété de décomposer l'acide carbonique de l'air et de l'eau. Il est cependant difficile de s'expliquer comment cela peut avoir lieu dans la profondeur de la terre, où aucun rayon de lumière ne peut pénétrer. Et cependant une grande partie des Diatomées qu'on trouve sous les maisons de Berlin sont vivantes, et les changements que ces petits êtres produisent sont si considérables que des rues entières ont déjà été ébranlées et que des maisons se sont écroulées.

Il est probable que l'énigme de la vie des Diatomées consiste en ce qu'elles sont à demi parasites, c'est-à-dire que, tout en formant de la chlorophylle (diatomine), elles empruntent la plus grande partie de leur nourriture à la terre. Cette supposition doit être l'objet de nouvelles études.

La participation des Diatomées à la formation des dépôts géologiques date probablement d'époques inaccessibles à nos recherches.

IX

Action pernicieuse exercée par les plantes sur l'homme. — Jusqu'ici. nous avons appris à connaître les plantes dans leur action bienfaisante pour l'humanité ; voyons maintenant le revers de la médaille.

Commençons par l'action vitale générale de la plante.

Les médecins recommandent aux personnes malades ou faibles le séjour dans les forêts, surtout dans les forêts de pins, parce que l'oxygène, qui a une action si bienfaisante sur les poumons et sur tout l'organisme humain, y est exhalé en grande quantité. On aurait cependant grand tort de vouloir passer aussi la nuit dans la forêt. Pendant la nuit, la forêt et la prairie n'exhalent pas d'oxygène, mais elles exhalent de l'acide carbonique, qui est un poison pour les hommes et pour les animaux; on comprend donc pourquoi des personnes qui passent la nuit dans une prairie ou dans une forêt s'éveillent si souvent avec de violents maux de tête. Il est ensuite recommandable d'avoir une maison d'été dans le voisinage d'un bois, mais pas dans le bois même. Pour la même raison, il est très nuisible d'avoir beaucoup de plantes dans sa chambre à coucher. Qu'on cultive le plus de plantes vertes possible dans la chambre qu'on habite le jour, mais qu'on les bannisse absolument de la chambre à coucher.

Les hommes et les animaux exhalent constamment de l'acide carbonique; il est malsain le jour aussi bien que la nuit de se trouver avec beaucoup de personnes ou d'animaux dans un même local. De là l'importance d'une bonne ventilation.

On conçoit facilement que les aliments végétaux, pris avec trop d'uniformité, peuvent aussi bien avoir une action malfaisante qu'une action favorable.

Celui qui ne se nourrit que d'aliments végétaux peu azotés, comme le riz, le sucre, etc., tout en se livrant à des travaux intellectuels fatigants, ne doit pas s'étonner si ses forces diminuent et s'il s'attire toute espèce de maladies. Je dois encore prévenir contre une fausse interprétation qu'on entend souvent émettre par les végétariens. Ils disent : « Je me porte parfaitement bien ; c'est la meilleure preuve que ma manière de vivre est saine ! » Mais cette preuve ne serait admissible que lorsqu'elle aurait été constatée dans plusieurs générations et dans

des tribus entières. Car chaque personne a déjà une provision plus ou moins grande d'aliment de réserve emmagasinée dans son corps, et ce n'est que lorsqu'elle est épuisée que les suites funestes d'une alimentation exclusivement végétale se font sentir. Celui qui se fatigue peu intellectuellement n'a, il est vrai, pas besoin d'une nourriture très azotée; elle lui serait même plutôt nuisible, et celui qui ne se fatigue ni intellectuellement ni corporellement ne doit pas prendre beaucoup de nourriture, s'il ne veut pas détruire sa santé. Beaucoup de stations balnéaires sont visitées surtout par des personnes qui font trop bonne chère, sans se fatiguer habituellement le corps ou l'esprit.

Un gaz qui a une influence très pernicieuse sur le corps humain, et qui a déjà fait bien des victimes, est l'oxyde de carbone qui se développe par la combustion incomplète du bois ou du charbon et surtout de la houille. Le danger est d'autant plus grand, que le premier effet de ce gaz est de plonger les personnes dans un sommeil agréable, mais dont elles ne s'éveillent plus, si l'air de la chambre où elles se trouvent n'est pas renouvelé à temps.

Passons maintenant en revue quelques boissons et aliments, en commençant non par les plus dangereux, mais par ceux dont l'usage est le plus général.

Parmi les boissons, il faut nommer en premier lieu l'alcool.

L'alcool est le produit de l'action de très petites cellules de la fermentation alcoolique, qui sont des formes inférieures de plusieurs champignons. Dans la fabrication de la bière, dans les distillations, dans la fermentation du vin, différentes cellules, c'est-à-dire des formes de différents champignons, exercent la même action, en décomposant par leur processus vital le sucre du liquide fermentant en alcool et en acide carbonique. On doit se représenter cette action chimique de la manière suivante : la petite cellule n'absorbe elle-même qu'une très petite quantité du sucre qu'elle décompose; mais, par son influence sur la constitution du sucre, elle le détruit entièrement.

Une chose très remarquable est que la cellule fermentative produit par son processus vital un poison mortel pour elle-même, de sorte que la fermentation s'arrête dès que l'alcool a atteint une certaine concentration. Au reste, il y a d'autres exemples que des cellules végétales ont une action analogue. Beaucoup de plantes produisent de l'acide oxalique, poison si dangereux pour la plante même qu'elle serait condamnée à mourir si l'acide oxalique libre ne s'unissait pas avec de la chaux absorbée par la plante en une combinaison inoffensive. Au reste, l'acide oxalique comme l'alcool ne sont si vénéneux qu'à un haut degré de concentration. En quoi consiste donc proprement la propriété

toxique de l'alcool? L'alcool a sur toutes les cellules, et en général sur tous les corps qui contiennent de l'eau, une action fondamentale : celle de leur retirer l'eau. Lorsqu'un tissu végétal ou animal entre en contact avec de l'alcool concentré l'eau contenue dans l'intérieur de la cellule, dans le plasma et dans la membrane cellulaire passe dans l'alcool, et la cellule se remplit au contraire d'alcool.

On peut se convaincre facilement que l'alcool exerce cette action aussi bien sur l'organisme humain que sur les plantes et les animaux. Qu'on prenne, pour faire cette expérience, quelques gouttes de fort alcool dans la bouche. Après quelques secondes, les cellules de l'épithélium des lèvres, de la langue, de la cavité buccale sont devenues blanches et fortement ratatinées, à cause de cette soustraction de l'eau. Des couches de cet épithélium se détachent même, de sorte qu'on peut les ôter de la bouche.

Si l'alcool peut déjà exercer une action si destructive dans la cavité buccale, on ne doit pas s'étonner qu'en pénétrant plus loin dans l'organisme il puisse lui nuire et même causer sa perte par un usage immodéré.

Nous ne savons pas encore expliquer tous les effets désastreux de l'abus de l'alcool; mais cette action principale suffit déjà pour le ranger parmi les poisons les plus terribles des organismes. Des acides végétaux très concentrés, tels que l'acide acétique, l'acide oxalique, etc., ont une action également destructive sur les tissus végétaux et animaux.

Parmi les plantes vénéneuses proprement dites, on doit citer dans notre pays, en premier lieu, plusieurs plantes de la famille des Solanées. Il est probable que la Pomme épineuse (*Datura*), la Jusquiame (*Hyoscyamus*), le Coqueret officinal (*Physalis*) ont été importés en Allemagne par les Bohémiens, qui les employaient comme médicaments. La Pomme épineuse contient la daturine, la jusquiame l'hyoscyamine, deux poisons violents. Il en est de même de l'atropine, qui se trouve dans plusieurs parties de la Belladone (*Atropa*). Toutes les parties d'une plante vénéneuse ne sont pas toujours nuisibles. Ainsi il n'y a pas de solanine dans le tubercule la Pomme de terre, quoique cette substance vénéneuse se rencontre dans les fruits de cette plante et dans les parties végétales de presque toutes les espèces du genre *Solanum*. Humboldt fut étonné de même qu'on mange des Tomates (*Lycopersicum*) dans la Guyane, quoiquelles appartiennent à la famille des Solanées.

Une famille des contrées tropicales, les Loganiacées, parente des Solanées, contient beaucoup de plantes très vénéneuses, dont les

plus connues sont la noix vomique (*Strychnos nux vomica*) et la fève de Saint-Ignace.

La famille des Renonculacées jouit dans le peuple d'une réputation exagérée en plusieurs cas, comme vénéneuse. Toutes les Renonculacées ont des sucs plus ou moins âcres ou vénéneux, notamment les Renoncules, les Pulsatilles, et d'autres encore. Les différentes espèces d'Aconitum contiennent l'aconitine, qui joue dans la médecine un rôle presque aussi important que les poisons des Solanées et des Loganiacées.

La famille des Euphorbiacées contient aussi un grand nombre de plantes vénéneuses. Toutes les espèces d'*Euphorbia* et la Foirole (*Mercurialis*) de nos contrées contiennent des sucs plus ou moins nuisibles. Le Buis (*Buxus*) est vénéneux. Parmi les représentants exotiques de cette famille, le plus connu est le *Croton tiglium,* arbuste qui croît dans les Indes orientales et qui donne l'Huile de croton. A la même famille appartient l'arbre si redouté dans l'Amérique du Sud, l'*Hippomane mancenilla*, dont la légende dit qu'on meurt si l'on est surpris par la pluie pendant qu'on dort sous cet arbre. Meyerbeer a tiré parti de cette légende, en la défigurant entièrement, dans son opéra *l'Africaine.* Les graines des Moluques, si vénéneuses, appartiennent aussi à cette famille. Les semences de la plupart des Cucurbitacées, les Courges, les Melons, les Concombres, etc., sont laxatives ; il en est de même des résines de beaucoup de Convolvulacées, dont plusieurs sont employées comme médicaments sous les noms de jalap et de méchoacan. L'émétine de plusieurs Rubiacées est un vomitif ; la racine d'une espèce nommée *Cephœlis* est très connue dans le commerce sous le nom d'ipécacuanha. A côté de plusieurs plantes comestibles et utiles, les familles des Asclépiadées et des Apocynées en contiennent aussi qui renferment des poisons violents dans leurs sucs laiteux. L'action des principes amers de la famille des Urticacées, du Haschisch, du Chanvre, du Houblon a déjà été mentionnée plus haut, ainsi que l'opium, tiré du suc laiteux des Papavéracées.

Nous rencontrons beaucoup moins de familles à propriétés vénéneuses parmi les Monocotylédonées. Une seule est à citer ici, la famille des Colchicacées. Le seul genre habitant nos contrées est le *Colchicum.* Ic ontient surtout dans ses semences la colchicine, âcre et vénéneuse, qui malheureusement est employée quelquefois dans la fabrication de la bière pour remplacer le houblon, ainsi que le Quassia ou l'écorce de Saule. Les espèces de Vératre (*Veratrum*) qui croissent sur les hautes montagnes contiennent la vératrine, très

vénéneuse aussi, mais employée avec succès contre les maladies des nerfs.

Dans le groupe des végétaux athalamiques, appelés ordinairement Cryptogames, on trouve remarquablement peu de plantes vénéneuses. Une seule famille fait exception, celle des Champignons.

Beaucoup de Champignons, surtout les grands Champignons à chapeaux, constituent un aliment excellent; il est donc fort regrettable qu'il existe un préjugé général contre ce mets, parce que certaines espèces sont vénéneuses. Le moyen le plus sûr de ne pas être empoisonné est naturellement la connaissance exacte des Champignons comestibles et des Champignons vénéneux qui leur ressemblent. En général, les Champignons absolument sans saveur ou qui du moins n'ont pas un goût aigre ou amer prononcé, peuvent être mangés sans inconvénient. Tous les autres indices auxquels on croit dans le peuple, tels que la coloration d'une cuillère d'argent, sont menteurs.

Après les poisons proprement dits, il faut encore dire quelques mots des moyens de défense des plantes, tels que les piquants, les épines et les poils urticants. Ces poils sont pourvus d'un mécanisme particulier, qui fait que leur pointe raide se casse très facilement et répand une matière irritante ou vénéneuse dans la blessure. Nos Orties contiennent de l'acide formique relativement inoffensif; quelques Urticacées exotiques possèdent au contraire des poisons violents ou mortels. Les piquants sont formés par l'épiderme et par les couches corticales des plantes, et souvent aussi sur les nervures des feuilles, surtout sur la face inférieure. Ils sont droits ou crochus. Les épines sont formées par des organes complets : elles sont portées dans le Groseillier à maquereaux et dans les Cactées par des feuilles, dans les Pomacées et les Amygdalées par des tiges. Ces épines deviennent souvent des armes terribles, qui peuvent faire des blessures dangereuses, par exemple, les épines du Févier (Gleditschia), de plusieurs Cactées. Dans les pays chauds, et déjà dans le sud de l'Italie, on emploie les *Opuntia* à tiges aplaties pour former des haies impénétrables aux hommes et aux animaux. Chez beaucoup d'*Opuntia*, les épines sont très rapprochées, et en même temps très petites, raides et cassantes, de sorte qu'en les touchant on en garde une quantité dans la peau.

Dans le sens strictement botanique, le proverbe : « Pas de roses sans épines, » est inexact, car les Roses n'ont que des piquants et pas d'épines formées d'organes entiers. Passons maintenant aux influences néfastes des plantes qui nous menacent dans nos travaux, dans nos propriétés et aussi dans notre existence.

Toutes les plantes soutiennent entre elles et contre la nature entière

une lutte continuelle pour l'existence. Certaines plantes absorbent les sels du sol et rendent ainsi la vie difficile, sinon impossible, à d'autres plantes, qui ont besoin des mêmes sels. Des plantes à croissance rapide privent bientôt d'autres plantes de la lumière qui leur est nécessaire, de sorte que celles-ci doivent périr. Dans le sol s'étendent des racines et des rhizomes innombrables, qui cherchent à se dérober réciproquement l'eau et la nourriture inorganique. C'est à cause de cela que la végétation varie constamment dans une même localité.

Le même fait se produit naturellement dans le lieu où l'homme veut cultiver exclusivement certaines plantes. De nombreuses semences dont l'homme ne désire pas la présence dans un champ cultivé y sont cependant apportées soit avec le grain ensemencé, soit par d'autres circonstances. Ces plantes sont nommées des mauvaises herbes. Choisissons comme exemples quelques-unes des plus redoutées. Le Chiendent (*Triticum repens*) est surtout nuisible, à cause de son extension rapide et de la difficulté de l'extirper. Cette herbe a des rhizomes qui rampent profondément dans la terre, qui croissent très rapidement, qui se ramifient beaucoup et se multiplient en outre par des semences. Comme chaque rameau du rhizome pousse des racines, produit des tiges et devient en quelque sorte une nouvelle plante, le Chiendent remplit bientôt le sol d'un tissu tomenteux et absorbe la nourriture de toutes les autres plantes. Le seul moyen de venir à bout de cette mauvaise herbe est de retourner la terre profondément et de ramasser et brûler les rhizomes.

Ce qui est si funeste dans les champs et dans les jardins est d'une grande utilité dans d'autres circonstances. Le chiendent est très recommandable pour fixer le sable mouvant des dunes, aussi bien que les Laîches (*Carex arenaria*), le Gourbet (*Elymus arenarius*) et l'*Ammophila arenaria*.

Une autre Ivraie très malfaisante est le Liseron (*Convolvulus arvensis*), qui se propage aussi par des rhizomes rampant à une grande profondeur. Le Liseron est en outre particulièrement nuisible, parce que sa tige s'enroule étroitement autour d'autres végétaux, par exemple autour des tiges des céréales. Les céréales sont courbées vers la terre par le poids du liseron, et c'est là une des causes les plus générales qui font que les épis se couchent. Il n'y a pas d'autre moyen, pour le Liseron non plus, que de l'extirper soigneusement du sol.

Dans les jardins un peu humides, le joli Liseron blanc des haies (*Convolvulus sepium*) peut aussi faire de grands ravages. Ses rhizomes

pénètrent bien plus profondément encore dans la terre, et la plante s'enroule si fortement autour des buissons et des jeunes arbres qu'elle les étrangle littéralement. Des Saules et des arbres fruitiers, dont le tronc a déjà la grosseur du bras, meurent parfois sous l'influence de cette plante grimpante.

Le Chardon hémorroïdal (*Cirsium arvense*) est aussi fort nuisible dans les champs. Il a des rhizomes qui se propagent dans la terre, et il se multiplie en outre par ses graines, pourvues d'aigrettes, que le vent transporte à de grandes distances. On combat cet ennemi en glanant les rhizomes pendant le labourage et en brûlant les têtes de chardon avant que la semence soit mûre.

Les arbustes sans rhizomes et les plantes annuelles sont moins nuisibles; cependant ils peuvent quelquefois faire tort par leur grande quantité. Tels sont le Coquelicot, le Bluet, les espèces d'*Adonis*, la Renoncule des champs, l'*Alectorolophus hirsutus*, l'*Euphrasia odontites*, la Foirole (*Mercurialis annua*), et beaucoup d'autres.

Parmi les Athalames, il faut nommer en premier lieu la Prêle (*Equisetum*), qui devient également funeste par la multiplication rapide de ses rhizomes.

Dans les jardins et les petites cultures, nous n'avons pas encore parlé de deux plantes à rhizome qui sont très gênantes, la Raiponce (*Campanula Rapunculus*) et la Renoncule rampante (*Ranunculus repens*). Dans les endroits humides, il y a aussi le Pied-de-chèvre (*Ægopodium*).

L'idée de mauvaise herbe est absolument relative. Ainsi le joli Sureau nain (*Sambucus Ebulus*), qui est rare dans le centre de l'Allemagne, plus commun dans le sud et surtout dans les Alpes, devient une ivraie dont on peut difficilement se débarrasser dès qu'on le plante dans les endroits ombragés d'un jardin.

Tandis que les mauvaises herbes font tort à leurs voisines par leur multiplication exorbitante et par l'absorption de la nourriture, les parasites exercent une influence bien plus directe sur d'autres organismes, qui met en danger la santé et même la vie de ceux-ci.

Il y a encore une distinction à faire entre les vrais parasites et les agents de fermentation ou Saprophytes. Les vrais parasites mangent l'organisme sur ou dans lequel ils vivent; ils absorbent sa matière, ses sucs, sans délaisser de grandes quantités de produits sécrétés et sans occasionner de la fermentation, de la putréfaction ou de l'humification. L'action du parasite s'adresse donc surtout à la partie qu'il attaque directement. L'agent de fermentation au contraire décompose la matière qui le nourrit, mais de telle manière que presque toujours

les produits de la décomposition sont en plus grande quantité que la nourriture absorbée. Ainsi par exemple le champignon de la fermentation alcoolique décompose le sucre, dont il ne lui faut que de très petites quantités pour sa nourriture; comme produits de sécrétion apparaissent de grandes quantités d'alcool et d'acide carbonique. Au reste, on ne peut pas établir une séparation absolue entre le parasitisme et le saprophytisme; entre les deux, il y a tous les degrés possibles de transition.

Parmi les végétaux supérieurs, les parasites sont relativement rares; cependant il y a quelques familles uniquement composées de parasites, et d'autres dans lesquelles il y en a quelques espèces.

Parmi les Monocotylédonées, il n'y a que la famille des Orchidées qui contienne quelques parasites. Dans notre flore, il y a le *Corallorhiza*, l'*Ophris*, le *Neottia*, le *Limodorum*, qui est rare, et quelques autres. Ces plantes ne sont pas des parasites dans le sens strict du mot; elles vivent des produits de décomposition des feuilles et d'autres restes végétaux qui passent à l'état d'humus dans le sol. Il en est de même pour la plupart des Orchidées parasites. Cependant elles forment très peu de chlorophylle; elles prennent plutôt leurs combinaisons carboniques dans les produits de décomposition des cadavres végétaux; sous ce rapport, on peut donc les considérer comme de vrais parasites.

Dans le groupe des Dicotylédonées, il y a de vrais parasites, qui développent peu ou point de chlorophylle et qui empruntent leur nourriture à d'autres plantes au moyen de prolongements ressemblant à des racines, qu'ils font pénétrer dans les racines, les tiges et les feuilles. Dans les pays chauds, nous nommerons les familles des Balanophorées, des Cytinées, des Rafflésiacées, et dans nos contrées les Cuscutées. Une espèce de Cuscute très redoutée et très connue chez nous est le Cheveu du diable, dont les germes pénètrent dans la tige de la Luzerne et d'autres Trèfles; ce parasite développe ses fleurs sur le Trèfle et cause de grands ravages dans les champs.

Le Gui (*Viscum album*), qui appartient à la famille des Loranthacées, nous montre une forme particulière du parasitisme. Ce curieux végétal pousse aussi des plongements ressemblant à des racines dans l'écorce et profondément dans le bois des arbres à feuillage et à aiguilles; il cause ainsi beaucoup de dommage aux fruits à noyaux, mais il produit de la chlorophylle en grande quantité, et assimile lui-même; il ne prend donc à la plante qu'il incommode, à son hôte, que les sucs bruts pompés dans le sol. De cette manière, il lui fait encore beaucoup de tort. Les baies du Gui sont surtout transportées

par les oiseaux d'un arbre à un autre, et le même fait se présente chez la plupart des Loranthacées. Ainsi on trouve sur le Caféier une espèce de *Loranthus* à belles fleurs, qu'un joli petit oiseau répand dans des plantations entières et qui par sa multiplicité peut occasionner des pertes énormes.

Parmi les Scrophulariées de la flore allemande, il y en a quelques-unes dont le genre de vie touche au saprophytisme; les belles espèces de *Melampyrum* entre autres ne peuvent prospérer que sur un sol mêlé de restes végétaux, quoiqu'elles aient des feuilles vertes. La famille congénère des Orobanches est au contraire entièrement composée de parasites. Le paysan connaît et craint particulièrement l'*Orobanche cœrulea*, dont la tige à jolies fleurs bleues se développe sur les racines du Chanvre. Au printemps, la Dentaire-Orobanche (*Lathrœa*) est très répandue sur les racines de plusieurs arbustes. Le *Monotropa*, le seul représentant dans notre flore de la famille parasite des Monotropées, vivant sur les racines des pins et des hêtres, est bien connu.

Parmi les Athtalames ou Cryptogames, il n'y a proprement qu'une seule famille de parasites, les Champignons; ceux-ci sont sans exception dépourvus de chlorophylle. Il est vrai qu'il y a quelques Mousses qui vivent sur les excréments de certains animaux; mais on n'a pu constater jusqu'à présent si elles sont absolument restreintes à ce substratum pour leur nourriture. On a pu décider bien moins encore si la partie du tissu des Lichens qui est dépourvue de chlorophylle peut pendant quelque temps vivre en saprophyte.

Les Champignons sont les vrais parasites du règne végétal; tous sont dépourvus de chlorophylle et dépendent par suite de combinaisons organiques compliquées. Ils ont cependant des rôles très différents vis-à-vis de leurs hôtes.

Dans la nature, les Champignons représentent la police des rues, qui prend soin que toutes les ordures soient éloignées le plus vite possible, c'est-à-dire décomposées en leurs éléments. S'il se trouve quelque part des cadaves végétaux ou animaux, ou les restes ou les produits de décomposition de ces cadavres, des Champignons de moisissure et de fermentation apparaissent et détruisent, c'est-à-dire dévorent et décomposent ces restes, dans un temps relativement très court, au moyen de leur multiplication extraordinaire.

Les Champignons sont donc fort utiles et même indispensables dans la nature. Qu'arriverait-il en effet si sur toute la terre les cadavres des hommes, des animaux et des plantes étaient abandonnés à une lente décomposition chimique? Ces cadavres deviendraient telle-

ment nombreux, qu'en peu de temps toute l'atmosphère serait saturée des gaz en partie très vénéneux et très nauséabonds de la décomposition, et bientôt toute vie serait éteinte sur la terre.

Quelle que soit l'importance des Champignons comme purificateurs de l'atmosphère, ils peuvent aussi exercer des influences malfaisantes lorsqu'ils se développent en certains endroits. En voici un exemple. Lorsque l'été est très chaud et en même temps humide, il se produit souvent des taches noires sur les feuilles des Pommes de terre. Ainsi que le professeur Speerschneider, de Rudolstadt, l'a découvert vers l'an 1850, ces taches proviennent d'un Champignon qu'aujourd'hui on désigne généralement, d'après Caspari, sous le nom de *Peronospora infestans*. D'après les observations faites par Hallier dans les cinq dernières années, les conidies du *Peronospora* sont apportées de différentes directions par le vent, probablement d'une contrée où la maladie des Pommes de terre régnait déjà. Si les conidies trouvent assez d'humidité sur les feuilles des Pommes de terre, elles germent en produisant une utricule filiforme, ce qui a aussi été démontré pour la première fois par Speerschneider. Cette utricule pénètre ou bien dans un stomate de la feuille, ou bien, si le temps est très humide, il transperse aussi l'épiderme. Dans l'intérieur de la feuille, il se ramifie, il suce le liquide du tissu, en s'étendant dans les intervalles des cellules, et il sort de nouveau par l'ouverture d'un stomate ou, si le temps est fort humide, en perçant de nouveau l'épiderme. Les filaments qui apparaissent alors portent de nouvelles conidies qui germent de nouveau, de sorte que de nouvelles utricules pénètrent constamment dans la feuille et rongent la plante comme un cancer, en produisant des taches noires de plus en plus étendues. Payer et Schacht ont montré que la maladie peut se communiquer ainsi à toute la plante jusque dans les petits rejets qui portent les petites pommes de terre, et que de celles-ci elle peut se communiquer aux autres.

Cependant ceci n'est pas la seule marche que suit la maladie de la pomme de terre, ni même la plus commune. Si le temps reste constamment très humide après la première apparition de la maladie sur le feuillage, la pomme de terre devient tout à coup malade, sans que les taches noires soient déjà parvenues au bas de la tige. D'où vient ce phénomène? De Barry a cru pouvoir résoudre la question en observant que beaucoup de conidies du *Peronospora* mises dans de l'eau distillée, au lieu de germer, forment avec leur plasma des spores mobiles, c'est-à-dire des portions de plasma qui se meuvent évidemment dans l'eau au moyen de filaments de plasma finement étirés; ces spores mobiles viennent au repos après quelque temps et se changent alors

en petites conidies. De Bary prétendit que ces spores mobiles pénétraient dans le sol et infectaient les pommes de terre, en germant à leur surface. Hallier montra au contraire que les spores mobiles ne sont formées que de conidies qui n'ont pas atteint leur maturité, à cause d'une nutrition insuffisante, et qu'elles ne peuvent pas pénétrer dans le sol; que cependant, quand elles sont produites en grande quantité, elles se réunissent quelquefois, en se rencontrant, en petites plasmodies ou amœbes, qui sont une forme du plasma pourvu d'un mouvement rampant et capables par conséquent de pénétrer dans le sol et de parvenir jusqu'à la pomme de terre.

L'étude était cependant à reprendre dès le commencement. Personne n'avait démontré jusqu'alors que la putréfaction est véritablement causée par le *Peronospora;* ce Champignon pouvait n'être aussi qu'un compagnon inoffensif de la maladie, car, si le temps devient sec, la maladie s'arrête tout à coup et ne fait plus de progrès.

Ce n'est en effet nullement le *Peronospora*, dans sa forme ordinaire, avec un mycelium filamenteux et des conidies segmentées, qui produit la maladie de la pomme de terre, mais c'est la fermentation produite dans certaines circonstances par le *Peronospora*.

Pour comprendre la fermentation, on doit se rappeler que toutes les cellules des organismes contiennent du plasma comme élément le plus essentiel. Chez les Champignons, ce plasma consiste en deux substances différentes : d'abord une substance fondamentale, claire, gluante et très contractile, le protoplasma, et en second lieu un noyau plus compact, nommé plastide. Hallier a déjà observé, il y a douze ans, que ces plastides des Champignons peuvent, dans certaines circonstances, mener une vie autonome, qu'ils sont eux-même des formations cellulaires et, à vrai dire, des organismes autonomes. Les circonstances dans lesquelles ils se forment sont : la surabondance d'eau dans la cellule mère et l'exclusion de l'influence directe de l'air atmosphérique (1).

Pour le *Peronospora infestans*, il fut démontré qu'il périt, étant cultivé sous l'eau, mais que les plastides des cellules restent en vie, se multiplient par division en deux et quittent la cellule mère. Ils s'étendent en même temps beaucoup en longueur, en forme de bâtonnets appelés Bactéries, qui se multiplient énormément dans l'eau.

Le même processus se reproduit exactement dans l'intérieur de la

(1) Nous croyons devoir prévenir le lecteur que l'opinion formulée par l'auteur dans les lignes précédentes et dans tout le passage suivant n'a pas été admise par la généralité des botanistes, particulièrement en ce qui concerne la genèse des Bactéries (*Note de la rédaction.*)

pomme de terre malade. Le tissu du champignon périt à mesure qu'il pénètre plus profondément dans la pomme de terre ou dans le feuillage; mais de ses plastides naissent des Bactéries, qui se multiplient avec une rapidité extraordinaire et qui, par leur grand nombre, font pourrir la pomme de terre.

Il a été prouvé que les Bactéries sont la seule cause de la putréfaction, parce qu'une petite quantité de ces Bactéries transportée sur un tubercule sain met celui-ci bien plus vite en état de putréfaction que ne l'aurait fait le *Peronospora* lui-même. Ceci est très compréhensible, car le Champignon doit d'abord pénétrer dans le tubercule, pour produire des Bactéries. Tout ce groupe, qu'on rangeait jadis dans le règne animal, les Bactéries, les Vibrions ou, comme on les a nommés aussi, les Schizomycètes ou Champignons segmentés, n'existe nullement comme un groupe autonome, mais est composé de formes d'autres Champignons d'une organisation supérieure, qui se développent des plastides dans des circonstances déterminées. Des Vibrions et des Bactéries analogues, provenant indubitablement d'autres Champignons, produisent des maladies infectieuses et très dévastatrices chez les Insectes, par exemple chez les Vers à soie, le Papillon des choux, etc.

Ces faits sont d'une importance capitale au point de vue des maladies infectieuses et épidémiques parmi les hommes. Comme dans la plupart de ces maladies on a déjà réussi à trouver dans les parties malades du corps, surtout dans le sang, des Vibrions et des Bactéries analogues à ceux des maladies des Insectes, il est plus que probable que ces maladies sont causées par des Champignons déterminés ou, plus exactement, par les produits de leurs plastides, et que bientôt on découvrira l'origine de ces maladies et le moyen de s'en préserver. De pareilles maladies sont, par exemple, le choléra, le typhus, la fièvre pétéchiale, la petite vérole, la rougeole, la fièvre scarlatine, la dysenterie, la fièvre jaune, la malaria, la peste, la diphtérie et beaucoup d'autres.

Nous devons donc chercher probablement nos ennemis les plus redoutables parmi les Champignons.

Tous les champignons exercent une action infectante dans les maladies, soit par des cellules de reproduction (des spores ou des conidies), soit par le transport du mycelium, soit enfin par les produits des plastides, c'est-à-dire par des fermentations.

Les plus petites formes des champignons sont les plus redoutables. Elles ne sont pas rares dans les maladies des plantes; l'Oignon comestible est souvent sujet à une pourriture, qui ressemble un peu

à la putréfaction par l'humidité des pommes de terre, et qui est causée par les plastides d'un Champignon charbonneux, appelé *Urocystis Cepæ*.

Dans la plupart des maladies de plantes qu'on connaît plus exactement, il n'y a que des formes plus développées des Champignons. Nous en mentionnerons encore quelques-unes des plus importantes.

Pour les céréales, le paysan craint surtout les maladies charbonneuses.

Les Champignons charbonneux ont cette particularité que leurs conidies ne peuvent pousser leurs utricules que dans des tissus très jeunes; c'est pourquoi les utricules du Charbon des céréales ne pénètrent que dans la toute jeune tige du germe. Les filaments du mycélium des Champignons charbonneux ne se développent que lentement dans les méats inter-cellulaires, quelquefois aussi dans les cellules de leur hôte, dont ils suivent la croissance pas à pas, pour produire plus tard de nouveau par segmentation, à leurs extrémités, des quantités de conidies dans un organe quelconque. Cela se fait ainsi pour la Nielle, et de même pour le Charbon du froment, dans l'intérieur du jeune fruit, et pour la Nielle aussi dans d'autres parties de la fleur. L'enveloppe du grain ne contient à la fin qu'une poussière noire, qui, pour la Nielle qu'on voit si souvent sur l'Orge et sur l'Avoine, est dispersée par le moindre vent, mais qui, quant au Charbon du froment, reste enfermée dans l'enveloppe du grain et est un peu plus compacte et onctueuse. C'est la couleur noire de la poussière des conidies de la plupart de ces champignons qui leur a fait donner par les agriculteurs le nom de « Charbon ».

Les germes des conidies du Charbon attachés aux grains des céréales peuvent de nouveau pénétrer dans leurs germes l'année suivante ; le cultivateur intelligent cherche à le prévenir en faisant macérer les semences dans du sulfate de cuivre qui tue les cellules des champignons.

Le germe n'est pas toujours la partie de l'hôte dans laquelle les conidies se développent. Celles du Charbon de la tige du Seigle sortent de pustules des feuilles et des tiges. Il en est de même pour le charbon des feuilles du *Colchicum* et de beaucoup d'autres plantes, car il n'y a pas beaucoup de familles dans lesquelles on n'ait pas déjà trouvé un champignon charbonneux particulier.

La manière de vivre des champignons de la Rouille est tout autre.

La Rouille des céréales pénètre avec les filaments de ses conidies dans les parties vertes des plantes et des céréales et étend son mycélium dans les espaces inter-cellulaires, au-dessous de l'épiderme.

Après quelque temps, les filaments du mycélium réapparaissent par bandes, et produisent de nouveau à leurs extrémités, par segmentation, les grandes cellules oviformes de la rouille rouge, qui peuvent de nouveau germer et répandre ainsi la rouille rouge pendant toute l'année : elles cherchent pour cela toujours des parties de la plante qui sont encore jeunes et dans la période de croissance. En hiver, on les trouve même sous la neige, sur les semailles hivernales et sur beaucoup d'herbes indigènes qui ont des feuilles vertes dans cette saison. La rouille se répand pourtant moins en hiver, et, comme pour la plupart des Champignons, la chaleur est favorable à son développement.

La rouille a encore une autre forme de propagation que les conidies rouges (*Uredo*). Sur la tige de l'herbe ou de la céréale qui meurt peu à peu vers la fin de l'été, les gazons de conidies changent de caractère, parce que les conidies s'étendent en longueur et se séparent en deux par une cloison. Ces conidies à deux compartiments passent l'hiver, et poussent au printemps des utricules qui ont besoin d'un second hôte, l'Épine-vinette, pour le développement des petites conidies qu'ils ont formées. Leurs germes pénètrent dans le jeune feuillage de l'Épine-vinette et produisent dans son tissu un champignon très développé, lequel fait naître par un phénomène sexuel, l'*Œcidium*, sur la feuille, et en outre encore une autre forme de fruit, qu'on a appelée *Spermogonium*.

L'*Œcidium* produit des spores en forme de chaîne, qui vont de nouveau germer sur les céréales et y produisent la rouille rouge.

Ainsi, presque chaque plante phanérogame a un ou plusieurs champignons de rouille, qui lui font tort.

D'autres champignons parasites étendent des filaments blancs en toile d'araignée sur plusieurs parties vertes des végétaux et segmentent des conidies rangées perpendiculairement contre des branches montantes. Lorsqu'ils ont longtemps emmagasiné de la nourriture aux dépens de leur hôte, ils produisent par un acte sexuel une forme plus élevée de fruits, nommés *Périthèces*, lesquels produisent intérieurement dans de grands utricules une quantité de spores.

Nous pourrions encore considérablement augmenter ces exemples, parce que la plupart des maladies des plantes et les plus dangereuses sont causées par des champignons.

ERNEST HALLIER.

SCHÉMA GÉOLOGIQUE DE L'ARCHIPEL JAPONAIS

Par M. G. Maget.

ASPECT DU SOL. — SÉDIMENT. — TERRAIN MASSIF. — GISEMENTS MINÉRAUX. EAUX MINÉRALES.

I

Pour atterrir sur le Japon, les bâtiments partis d'Europe viennent ordinairement reconnaître le Fousi-Yama, visible de fort loin à cause de ses quatre mille mètres d'altitude. Merveille sans pareille aux yeux des indigènes qui lui décernent un véritable culte, cette célèbre montagne, reproduite en toute occasion, constitue pour ainsi dire le sceau national de l'empire ; j'ajoute qu'elle symbolise on ne peut mieux la nature du sol qu'elle domine. Le Japon est essentiellement volcanique, s'il n'est le pays le plus volcanique du monde.

Si l'on consulte une carte de l'extrême Orient, on verra que les îles du Nipon ne sont que les maillons de cette grande chaîne ignivôme (1) qui, issue des Sopkas de l'Amérique russe et du Kamtchatka, va par un retour brusque expirer aux îlots Barren et Narcondac de la mer du Bengale, après avoir parcouru les grandes îles Malaises. Les volcans éteints y sont innombrables et les volcans actifs nombreux. Ces derniers sont, les uns assez élevés, comme le Yovari-naï d'Yesso et le pic de Simabara, les autres réduits à des dimensions lilliputiennes comme le Ko-Sima (300 m.) qui, placé à l'entrée ouest du détroit de Tsougarou, n'a son pareil que dans le Pacifique, par le travers de la Nouvelle-Calédonie. Rongée de fiords comme celles de l'Islande, la côte japonnaise est dominée de très près et presque constamment, par des massifs dont le dessin et l'étrange pêle-mêle décèlent la nature. C'est sur les côtes de Sikok et sur celles de Nipon qui regardent la petite Méditerranée, que le bouleversement du sol atteint son apogée, et je comprends assez bien qu'on ait pu, de prime abord, avancer que le terrain igné occupait ici et presque partout, la meilleure place.

Littéralement encombré de montagnes et de collines, l'archipel ne saurait posséder de grandes plaines ; celles de Mousasi-Simosa et de

(1) Voir volcans du Japon in Nature du 16 février 1878.

Ouzo du Dewa qui sont les plus étendues, n'ont guère plus de douze lieues dans leur plus grand diamètre; toute plaine d'un développement notable s'ouvre toujours ici vers la mer. Les vallons pullulent en revanche, séparés fréquemment par de simples arêtes, trop aiguës pour que les arbres puissent y venir autrement qu'en enfilade; ils ne sont guère cultivables qu'à quelques centaines de mètres du cours d'eau torrentiel qui les parcourt. Souvent le vallon n'est plus qu'une véritable tranchée où le soleil ne pénètre qu'aux heures méridiennes. A Yesso, où les montagnes nées d'un nœud principal très élevé et central — le Yovari-naï — se développent en échiquier, la plaine peut acquérir un notable développement; telle la plaine de l'Ichikari où le gouvernement a naguère tenté de donner d'un seul jet une capitale à d'immenses solitudes.

Les cours d'eau multipliés outre mesure sont rarement navigables; seuls le Toné-Gawa qui parcourt le Mousasi, le Sinano qui débouche à Niegata et le Yosino de Sikok sont capables de porter la barque plate et les trains de bois; encore faut-il attendre les averses de septembre et à cause des rapides ne compter, en plusieurs points du trajet, que sur la descente. La rivière Yodo, qui sert de déversoir, Biwa, lac de 800 kilomètres carrés, faisant exception à la règle peut, en tout temps, être suivie par les jonques et les steamers de petite dimension; elle n'a guère, il est vrai, que 20 lieues de parcours. L'Ichikari de l'île d'Yesso, assez profond, obstrué d'une barre à son embouchure, pourrait porter de grands chalands sur une grande partie de son trajet; on lui donne 350 kilomètres de longueur, développement que les autres cours d'eau du Japon sont loin d'égaler. J'appelle en passant l'attention sur une disposition des fleuves qui semble très répandue, sinon particulière à l'extrême Orient.

Vers leur embouchure et quelquefois même dans leur parcours principal, les bassins communiquent souvent entre eux par des anastomoses fluviales, de façon que des espaces souvent considérables se trouvent ainsi isolés, le mot étant pris dans toute sa force étymologique, et contrairement à ce qu'on voit généralement dans les deltas, les îles ainsi formées sont couvertes de hautes montagnes. Ainsi la montagneuse presqu'île de Kadsousa, grande comme le département de la Manche, est transformée en une véritable île par les branches que le Tone-Gawa échange avec le Soumida-Gawa; même fait à l'embouchure du Figami de la province de Sendaï. On retrouve cette disposition, mais sur une plus large échelle alors, à l'embouchure du fleuve Amour et surtout en Chine, où le fleuve Jaune, en se jetant à la fois dans le golfe de Petcheli (1851) et dans la mer Jaune (vieille

embouchure), isole l'immense bloc montagneux du Chan-Tong; même fait à la pointe nord de Formose et pour le cours du Mé-Kong peut-être, etc.

Les montagnes du Japon courent généralement du nord-est au sud-ouest, c'est à-dire selon la dorsale de la presqu'île du Kamtchatka; dans l'île Nipon, la dorsale ininterrompue dans son parcours, s'affaisse dans la partie occidentale, sans descendre pour cela au-dessous de 600 mètres, tandis qu'elle offre son maximum d'élévation dans la région du Tosando ; l'arête principale de l'île d'Yesso semble courir du nord-ouest au sud-est, c'est-à-dire comme celle de l'île Saghalien, les chaînes de Kiou-Siou et Sikok paraissent affecter une disposition très irrégulière.

Je remarque que les sommets principaux occupent ici, plutôt les contreforts que les chaînes principales et surtout la terminaison de ces contreforts ; tels l'Ouchi-Yama d'Yesso (5,700 m.), le mont Tchiokaï du Dewa (2,000 m.), le volcan Asama du Kotsouké (3,000 m.), l'Ousen-Také près Nagasaki (1,260 m.). Il arrive même parfois que les plus hauts sommets surgissent des plaines dans un isolement complet : tels le Fousi-Yama, le cône Horner de Satsouma (2,500?), plusieurs près de Sikok hauts de plus de 1,600 mètres, et par ce fait leur dimension grandit d'autant à l'œil; le Fousi est sans doute la plus haute montagne de l'île Nipon, celle d'Yesso étant le Yovari-Naï et celle de Kiou-Siou le cône Horner. J'ai quelque raison de croire que, dans la grande île, le sol monte par plateaux étagés vers l'arête centrale et que, par cela même, les sommets de celle-ci paraissent d'autant moins élevés. A mesure qu'on s'avance dans l'intérieur, la végétation change assez vite d'aspect; semi-tropicale vers le rivage, elle atteint plus loin la nuance tempérée, puis vers le centre prend une allure boréale bien décidée. Ce n'est qu'au centre qu'on rencontre les Énokis gigantesques, l'Abies excelsa, l'Abies Tohi, l'Abies Firma, sorte de sapin vosgien, l'Abies Tsouga, l'Abies Sirabi, le pinus parviflora, le larix leptolepis (Ko ou Kara-matsou), quand dans les bas venaient les Cycas, les Chamoerops, le coton, les bambous, le thé, le bananier, etc. Et puis les rivières qui descendent des hauts plateaux ne peuvent gagner les régions marines qu'en formant des séries de cascades dont certaines tombent de plus de 150 mètres (niko). L'immense région politique qui, née du détroit de Tsougarou, s'enfonce en coin au travers de l'île Nipon jusque vers Kioto, me paraît constituée par une succession de plateaux qui s'échelonnent de plus en plus élevés vers la dorsale et auxquels ne manquent ni la végétation ni les sites alpestres; les neiges y séjournent la meilleure par-

tie de l'année, elle porte des lacs surélevés aux eaux très froides et très profondes, tels le lac Suiva, le lac Inava, le lac du Ken d'Akita, etc. Son climat est d'ailleurs réputé très froid, et c'est dans sa population, plus forte et plus virile que celle des vallées, que les Taïkouns recrutaient les Samouraïs de leur garde particulière.

II

Granits en masse ou en blocs détachés, vers les montagnes, avec des effleurements d'argiles et de shistes argileux; bancs argileux revêtus d'une énorme couche d'alluvion moderne, vers les pays côtiers; telle est la constitution générale de l'archipel Nipon. A Kiou-Siou, notamment dans le petit mouillage d'Oudsino-Ouza, de la grande baie V. Diemen, on peut constater que la côte se soulève et le fait se reproduirait en d'autres points de l'empire. En règle générale, les plaines et les collines du littoral sont formées de sables qui deviennent de plus en plus argileux, à mesure qu'on remonte le bassin des rivières, et font place d'abord aux argiles grasses, puis aux roches argileuses ou marneuses; celles-ci sont le plus souvent traversées par des jetées de granit, quelquefois friables, et après les granits, on les voit souvent renaître à ce point que, dans le Tosando par exemple, les plateaux moyens sont revêtus d'un lit de sable argileux.

Près de l'arsenal Franco-Japonnais de Iokoska, le sédiment supérieur fournit une pierre argileuse de consistance médiocre, remplie de coquilles fluviatiles se rapportant à des espèces vivantes; on y a découvert les os d'un gigantesque pachyderme, fait qui s'est d'ailleurs reproduit lors de l'ouverture des tranchées, à la colline Nogué, pour l'établissement du chemin de fer de Yokohama à Yeddo. Rare, l'argile à briques se rencontre en petits dépôts près d'Yeddo et d'Hakodati où elle est grasse et noirâtre. Ce calcaire à chaux existe dans le Quanto, mais ici, on se sert surtout de la chaux obtenue par la calcination des coquilles marines. Le pied de la montagne O Ma Také contient un banc de gypse, matière inconnue avant notre arrivée et remplacée dans tous ses usages par un enduit de chaux, rendu visqueux par l'addition de la colle de Varech. On pense que les lignites sont assez abondants pour être utilisés un jour; actuellement on en signale la présence à Miké du Tsikoungo et dans le F'tatsi, mais d'où provient cet ivoire *fossile* que les artistes indigènes emploient si banalement? Je suppose qu'on l'emprunte à l'île d'Yesso et à Saghalien

surtout, car il serait malaisé d'admettre qu'il vient de Sibérie puisque cette contrée n'a que depuis fort peu de temps quelques rares communications avec le Japon. On se sert d'ailleurs encore de l'ivoire tiré de la défense des morses, que les glaces viennent jeter au printemps sur les Kouriles et sur Yesso, et qu'on ne saurait confondre avec le précédent, et encore moins avec l'ivoire jaune qui venait jadis de l'Inde par l'intermédiaire de la Chine.

Les bas-fonds des vallons et les plaines sont revêtus d'une couche arable d'une épaisseur considérable, d'où une fertilité sans pareille, une exubérance de végétation qui rappelle celle des plus belles contrées tropicales, vers Yokohama et dans presque tout le Mousasi; d'ailleurs ce revêtement est formé d'un terreau gras et d'un noir aussi foncé que la terre dite « de bruyère », et cela, avec une épaisseur de deux à trois mètres sur beaucoup de points, les coupes de terrain faites pour établir le canal d'isolement qui débouche à la baie Mississipi, ainsi que la tombée de la falaise voisine de Treaty-point donnent les successions suivantes :

1° Terreau noirâtre pouvant aller jusqu'à 1 m. 80 d'épaisseur;

2° Terre ferrugineuse farcie de graviers;

3° Lit de galets;

4° Argile compacte d'un blanc grisâtre, friable, très épaisse, contenant des coquilles se rapportant à l'huître et à deux espèces encore vivantes, contenant en quelques points de la ponce et du bois carbonisé.

Représenté surtout, peut-être, par les couches crétacées et jurassiques, le sédiment moyen est aussi mal délimité que possible; il est pauvre en fossiles, les calcaires des environs de Nagasaki contiennent cependant une ammonite, deux encrinites, une turrulite et une belennite; pour assurer les bases des temples, faire les jetées et les châteaux forts, on se sert presque partout d'un grès verdâtre assez facile à travailler, mais néanmoins d'excellente qualité.

Le terrain primaire aussi mal reconnu apparaît à Nagasaki, sur les rives de la mer intérieure et notamment vers Simonosaki; on le retrouve dans le Kotsouké et aux alentours d'Akodati. Il renferme des gisements de houille, nombreux, généralement profonds, mais moins riches qu'on ne l'avait supposé il y a une quinzaine d'années; dès que le Japon fut ouvert, on s'imagina que, comme les îles Britanniques en Europe, il allait rendre l'extrême Orient tributaire de son charbon; il n'en fut rien, presque en même temps, le gouvernement du céleste empire se mit à démontrer sa supériorité à cet égard; il ouvrit des mines au nord de Pékin, dans le Ho-nan, dans le Chan-Tong, et reconnut même que le charbon existait dans la plupart des provinces;

ajoutez que les Européens découvraient, à Kelong de Formose, une mine qui ne tarda pas à rendre de grands bénéfices. Le baron de Richtofen dit que l'Empire chinois est le premier pays houiller du monde, et évalue à trois millions de tonnes la quantité de charbon qu'il pourrait fournir par année, sans parler des gites anthracifères du Chan-si qui rendent déjà un million de tonnes dans le même temps, et puis on rencontre encore la houille à Dovi de Saghalien qui alimente la marine sibérienne, en Corée, à Labouan de Bornéo, à Cebou des Philippines, à Sumatra, et je reconnais actuellement qu'elle existe en plusieurs points du Tonkin.

Le charbon de Nipon, comme celui de Chine d'ailleurs, est gras et fortement pyriteux; imprégné de soufre, il s'enflamme très aisément en donnant de la pression avec rapidité, et, n'était le défaut d'encrasser les fourneaux et de déformer les grilles de chauffe, il vaudrait les meilleurs charbons exportés d'Angleterre et d'Australie; il est d'ailleurs probable que les couches profondes contiennent des produits supérieurs à ceux des couches superficielles, les seules mises à jour jusqu'à présent. Il y a environ six ans, on le vendait à raison de 60 francs la tonne, et on l'exportait avec quelque avantage sur Shanghaï et Hong-Kong. Quoi qu'il en soit, la houille est, de tous les produits minéraux, le seul qui donne un rapport certain; outre sa qualité, elle a l'énorme avantage d'être toujours à la portée des côtes, et c'est d'elle qu'on retira cet or, qu'on a cherché si vainement ailleurs.

Les gisements de charbon les plus importants du Japon occupent la partie occidentale des îles; à Yesso, où il est encore peu exploité, le charbon se rencontre près d'Hakodati et surtout dans le bassin de l'Ichikari. Il y a quelques mois, un Européen, employé par le gouvernement du Mikado, avançait que cette île contenait jusqu'à 150,000 millions de tonnes de charbon; c'est-à-dire, les deux tiers de ce que peut posséder le Royaume-Uni. Puisse la prédiction se réaliser! Nombreux sans doute, les gisements de l'île Nipon sont d'un avenir médiocre; je citerai pour mémoire ceux du Dewa, de Takasaki, du Simotské, du Souwo, de Miara, du Bingo, de Yatabe du Setsou; mais c'est Kiou-Siou qui possède les mines de grand rapport, telle celle de Kojano-Si dont une partie brûla jadis pendant plusieurs années, celle de Karatsou du Fizen surtout, qui donne la qualité la plus appréciée, celle de l'îlot Takasima de l'entrée de Nagasaki, exploitée maintenant suivant les principes les plus modernes. Il est curieux de rappeler que c'est justement la question de charbon qui, en 1857, attira les Américains au Japon. A cette époque, il fallait à tout prix une station de combustible entre le Far-West qui venait

de se peupler comme par enchantement, et le Far-east qui entr'ouvrait ses portes à contre-cœur. On pensa d'abord à s'établir aux Mariannes; on fit un séjour temporaire aux îles Bonins, et finalement, on appareilla pour Simoda, qui s'ouvrit à la suite d'une convention dictée sous la bouche des canons. D'une simple question de charbon, les Américains passèrent ainsi aux préliminaires d'un traité d'ouverture; le vieux Japon, pour son malheur, avait la malencontreuse renommée d'être à même de satisfaire à une impérieuse nécessité.

III

Le granit commun, masse principale du terrain plutonien, est flanqué de temps à autre par des amas de gneiss et de serpentine; celle-ci, vers les hautes vallées, forme fréquemment, par ses seuls débris, la couche superficielle du sol. Le bloc de l'O-Yama renferme de l'orthose, et le quartz siliceux est commun sur le versant oriental du plateau d'Hakoné; en plusieurs points de l'intérieur, les argiles feuilletées sont métamorphosées en roches porphyracées; le cristal de roche usité comme ornement, monté en nature sur des pieds sculptés, et d'autant plus prisé qu'il est plus irrégulièrement massé, vient surtout de la province de Tsougarou. On signale enfin l'agate, la cornaline dont on fait des fermoirs, le jaspe, l'améthyste, la topaze, une magnifique avanturine et le diamant peut-être.

Naturellement très communs, les produits volcaniques se retrouvent souvent à une grande distance des volcans, soit à la surface du sol, soit dans les couches sédimentaires supérieures; à Nagasaki et dans le Quanto, on exploite une lave verte qui, à peu près inaltérable, sert à établir les soubassements d'importance, et les statues du boudhisme. On trouve des basaltes aux environs d'Hakodati, à Simoda, à l'île Vries et dans la baie Van-Diemen; de Simoda on retire un trachyte poreux, gris verdâtre; et de Kagosima, un tuf ponceau; un gisement de pouzzolane est exploité, depuis quelques années, aux environs de l'arsenal de Iokoska. La ponce se rencontre presque partout, c'est à l'excellence de son Kaolin que le Japon doit la beauté de ses produits céramiques, et cette matière se retire surtout de Sakaï de l'Idsoumi, du Fizen, d'Hakodati, du Kanga, de l'île Amakousa, du Satsouma enfin, d'où on la transporte à Yeddo où elle sert à fabriquer des contrefaçons de la célèbre porcelaine de cette dernière province; dans une multitude de localités, le soufre recouvre la surface du sol et,

peu exploité jusqu'à présent, il pourrait devenir l'objet d'une exportation active. La soufrière principale est dans l'île Iwoga des Licou et elle constituait naguère l'un des principaux revenus des puissants daïmios du Satsouma. On raconte que pendant longtemps on n'osa l'aborder, car on la croyait hantée par les suppôts de l'esprit malin, quand, un beau jour, un paysan de la province osant s'y aventurer, dota ainsi son prince et son pays d'une nouvelle richesse. Les terres du volcan Ousen-Také contiennent un soufre d'excellente qualité, tel aussi celui qu'on exploite à Yatabé du Setsou; celui des volcans d'Yesso, blanchâtre et trop friable, est aujourd'hui délaissé; cette substance se rencontre d'ailleurs dans les innombrables îles volcaniques qui prolongent le Japon en divers sens.

IV

On n'a guère commencé l'exploitation des mines que sous Taïko-Sama le Grand, c'est-à-dire vers l'an 1600 de notre ère; celles du Tosando, région placée sous l'action immédiate des Taïkouns, furent les premières ouvertes, et ce n'est que fort tard qu'on étendit les recherches vers les provinces du sud; dès l'ouverture et jusqu'à ces derniers temps, le gouvernement espérait qu'il allait rencontrer dans le sol les ressources qu'il ne pouvait trouver ailleurs; mais d'une variété considérable de produits, il avait trop vite conclu à la qualité, et, attendant de meilleurs jours, il se voit aujourd'hui dans l'obligation d'acheter son or et son argent à la Californie. La grande île d'Yesso constitue son dernier espoir; à elle seule, croit-on, elle pourra relever l'antique réputation minière actuellement si ébranlée, et le bassin du Tsougarou donnerait aussi son appoint aux futures richesses. Puisse revenir le temps où les Portugais pouvaient enlever chaque année plus de 500 tonnes d'or, et les Hollandais plus de 20 millions de francs en argent! C'est dans les argiles feuilletées ou schisteuses métamorphosées en roches porphyracées qu'on trouve les principaux filons métalliques et notamment l'or, l'argent et l'étain; les sables des rivières contiennent, le plus souvent aussi, des paillettes d'or.

L'or (Kin) se rencontre en riches gisements aux environs de Matsmaï, et la plupart des rivières de l'île d'Yesso en contiennent. Il existe au Nambou et aux îles d'or Kin-Sima de la baie de Sendaï, dont la réputation, exagérée sans doute, excita jadis d'une singulière façon

les convoitises des Espagnols et Portugais. On n'a pas oublié qu'un pape, pour apaiser de sanglantes rivalités, imagina de partager le monde en deux parties égales : l'une à l'occident des Açores réservée aux Portugais, et l'autre à l'orient réservée aux Espagnols. Un roi d'Espagne apprenant dans son lit, que sur la côte du Japon existait un archipel dit « d'or et d'argent » le fit reconnaître vers l'an 1630 par ses Caravelles. L'expédition resta probablement infructueuse, car on se garda bien de la renouveler. Les Hollandais, d'ailleurs, qui plus tard se laissèrent également tromper par le nom sonore de ces îles, restèrent complètement désappointés à la suite d'une visite qu'ils y firent; on sait aujourd'hui ce que valent ces îles d'or et d'argent; elles donnent un profit peu en rapport avec leur célébrité. C'est dans le Moutsou, sous le quarante-cinquième mikado, que l'on ouvrit les premières mines d'or; avant cela on ne savait pas l'extraire, car lorsque l'Impératrice Dzuiko rapporta de Gorée le précieux métal, ce fut une véritable nouveauté; le peu d'or qu'on possédait alors était demandé à la Chine. Pour l'instant, la plus riche mine est celle d'Ikouno qui, située sur les confins de l'Arima et du Tatsima, a été exploitée avec tant de succès par un personnel français à l'aide d'un outillage perfectionné, dont le coût fut bien vite dépassé. Possesseur exclusif du sol, l'état qui fondait de grandes espérances sur les gisements de l'île Sado s'est vu contraint de ralentir, puis de délaisser les travaux souterrains entrepris en ce point sous la conduite des Américains. Peu de temps après notre passage à Minato-Matsou qui servait de port à la mine, un tremblement de terre anéantit la majeure partie des travaux souterrains. Les torrents du Tsourounga ont des sables aurifères; à Tosi du Tsikoungo et à l'île Amakousa près Kiou-Siou, on trouve des mines d'or que l'on a été obligé, jadis, d'abandonner à cause de l'envahissement des eaux; un grand nombre de mines sont d'ailleurs délaissées pour la même raison, et, parmi elles, il en est sans doute qui sont restées très riches et capables de tenter la spéculation; à une journée de marche au nord de Kagosima, au mont Kin-San, on trouve dans des bancs de sable un mélange d'or et d'argent.

L'argent (Kané) fut retiré pour la première fois de l'île Tsou-Sima en l'an 674 et on l'y trouve encore assez abondamment à l'heure qu'il est; à Yesso, aux îles Kin-Sima, à Nohetsi du Tsougarou, on exploite l'argent, qu'on extrait d'un quartz argentifère en ce dernier point; il existe aussi aux îles Okosiri et O'sima de la mer du Japon, à Sado, dans l'Ochiou du sud, à Ikouno, dans le Bingo; avant l'époque des traités, il était assez rare pour avoir une valeur énorme, vis-à-vis de l'or relativement plus répandu.

Le cuivre (Aka-kane, c'est-à-dire argent jaune) est, après le charbon, la principale richesse minérale, si commun qu'avant l'arrivée du Commodore Perry, on le cédait en échange d'objets d'une valeur insignifiante. On se le procurait alors avec des bénéfices réellement scandaleux, et les trafiquants trouvaient même avantage à charger les Timpos et les Zénis — monnaies de billion indigène — pour les exporter au lieu et place de minerai ; aussi au traité de Kanagawa, le gouvernement Taïkounal sut imposer l'*article* 10, qui prohibait désormais la sortie du métal. Plus tard, en vue même des intérêts du pays, on revint sur une prohibition par trop exclusive, et le cuivre put sortir derechef, sous la condition de payer un fort droit d'exportation. Il est ici si répandu, qu'on l'emploie pour fabriquer les ustensiles du plus banal usage, et avant notre venue, on pouvait dire qu'il était au fer ce que l'or était à l'argent. Il le remplaçait d'ailleurs dans la plupart de ses usages; on en faisait des liaisons de charpentes, de jonques, il ornait à profusion les portails, les toits, les maisons d'importance, les temples.

C'est dans l'Inaba, sous le quarante-deuxième mikado, qu'on ouvrit la première mine de cuivre. Le principal marché de ce métal est aujourd'hui dans le Setsou qui avait de belles exploitations maintenant oubliées; la plus grande mine est celle de Bechi de l'île Sikok. On l'exploite dans le Fiouga, à Tensi du Yamato depuis 1867, à Kidjou du Kii qui donne la variété la plus malléable, dans le Tsourounga qui donne le plus beau, dans le Yetsingo; dans le Kotsouke, il existe des gisements très pauvres; l'île d'Yesso possède des mines considérables auxquelles Hakodati sert de marché principal; à Sikok on vient d'ouvrir la mine de Soumitomo dans le Hyo.

Le bronze, avec lequel on fabrique ces adorables productions qui commencent déjà à encombrer nos magasins, était, il y a une quinzaine d'années, d'un prix relativement élevé par ce fait, qu'on se trouvait dans l'obligation de demander au Tonquin, par jonques chinoises, la calamine (oxyde de zinc) qui entrait dans sa composition. J'ajoute que le zinc n'a pas encore été signalé dans les produits du sol Upon. On rencontre ici cet alliage naturel et si utilisable, que les Chinois nomment *Pak-Fong;* c'est un mélange de nickel et de cuivre arsénié qui, dans les deux contrées, sert à fabriquer les mêmes ustensiles : objets de toilette, fermoirs ciselés, plaques d'ornement pour laques et armes, pipes, jointures, etc.

Commun dans le Boungo, l'étain est exploité au nord de Kagosima; à Yesso existent des dépôts d'arsenic (Ki-gouan-Séki). On demandait jadis à la Chine le borax et le mercure, quoique la contrée porte

quelques dépôts de sulfure de mercure (Djou). Le plomb est rare; il est exploité à Yesso, dans la baie des volcans et dans l'île Sada d'autre part.

Avant les traités, le fer (Tetsou) était extrait par fusion d'un oxyde noir, roulé dans les sables de rivière et qui, assez rare, ne servait guère qu'à la confection des armes blanches, sabres et lances, qui lui devaient justement leur incomparable qualité. Le maniement du métal martial élevait l'artisan au-dessus du vulgaire, l'anoblissait presque, puisque les fabricants d'armes se rattachaient à la classe des gens de guerre; vers Hakodati, une mine fut jadis exploitée comme le prouvent les nombreux déchets qu'on y rencontre. Nous avons reconnu des dépôts de fer magnétique dans le Kotsouke et, dans les hautes vallées du Toné-Gawa, les terres sont presque constamment imprégnées d'ocres ferrugineuses; notamment à la montagne Kouro-Highé près de Niko; c'est vers cette région que le gouvernement vient d'élever le premier haut-fourneau; un minerai magnétique de fer titané est signalé aux environs de Nakayama; le Bizen, le Bitsiou, le Mimasaka, et surtout la presqu'île de Noto, ont des gisements exploités depuis de longues années. Ces terres ferrugineuses sont communes dans la province de Fizen.

V

Les divers points de l'empire du Japon jouissent d'un climat assez approprié à nos constitutions, nous y retrouvons les quatre saisons : un hiver suffisamment froid, un printemps et un automne agréablement tempérés; l'été, en revanche, a souvent des ardeurs intolérables, dans la majeure partie de l'année; ce pays pourrait donc jouer le rôle de *Sanitarium* vis-à-vis des points de l'extrême Orient occupés par les Européens : côtes de Chine; Cochinchine, îles Malaises. Outre le climat, on y trouverait des ressources thérapeutiques inconnues ailleurs au loin; j'entends parler de ces sources minérales si variées et si nombreuses. Le Japon n'est qu'à une dizaine de jours de Saïgon et à une distance insignifiante de l'immense côte de Chine, et en réalité on ne profite pas assez d'un aussi grand avantage.

Les eaux minérales ne pouvaient faire défaut dans un sol aussi essentiellement volcanique; cette ressource curative y est presque partout à la portée des natifs, et les résidents en recherchent avidement les vertus. A Yesso, vers l'extrémité continentale du petit

isthme d'Hakodati, est une source sulfureuse froide; à 8 lieues plus loin, à Kakomi, dans un vallon qui s'ouvre sur la baie des volcans, est une source également sulfureuse, mais chargée d'alun et pouvant atteindre 51° c. quand le vent passe au sud; les rhumatisants et les syphilitiques en vantent les avantages; vis-à-vis d'Hakodati, de l'autre côté du détroit, à Nohetsi, on voit une source également sulfureuse; dans le Kitami, à l'extrême nord d'Yesso, il existe un lac qui communique avec la mer, par le canal Toratsou, et qui, chargé d'iodures, de bromures et de chlorures, a reçu des indigènes le nom significatif de *Mer des médicaments* (K'souri-Oumi). A environ trente lieues à l'ouest d'Yeddo, on rencontre un plateau auquel je donne le nom de *Région de traitement,* tant les sources y sont nombreuses et de composition variable. Cette région, dominée par le célèbre Fousi-Yama, dont le grand lac d'Hakoné le sépare, est limitée au nord par la rivière d'Odawara qui sort de celui-ci, au sud, par la traverse qui, partie du Tokaïdo, au-dessus de la ville d'Hakoné, conduit au village d'Atami. Les sources les plus vantées sont celles d'Atami et de Mianosta; la première, selon M. Lemoyne, a la composition qui suit :

Chlorure de calcium;
Chlorure de sodium;
Chlorure de magnésium;
Carbonate de chaux;
Carbonate de soude;
Sulfate de chaux;
Sulfate de soude;
Magnésie;
Fer;
Silice;
Alumine et peroxyde de fer.

C'est une source jaillissante qui s'élance toutes les quatre heures par une fente de rocher; elle donne de la vapeur d'abord pendant dix minutes, puis de l'eau qui devient de plus en plus chaude, et finalement, devenue *Geyser,* la source lance un jet bouillonnant de 40 mètres de haut. On m'a dit, en Islande, que les Geysers, qui ne jaillissent plus aujourd'hui que lorsqu'on les excite par le jet d'un corps étranger, donnaient jadis des éruptions spontanées; la source d'Atami serait donc un véritable Geyser à l'état de jeunesse. Ce précieux liquide, en retombant, va rejoindre des rigoles qui le dispersent dans des établissements de bain; l'abondance des eaux thermales en cette région dispense d'ailleurs l'habitant de se servir de combustible. La source de Mianosta, plus connue des résidents Européens.

est tour à tour chaude et froide; l'analyse y démontre la présence du sulfure de sodium, des carbonates de chaux et de magnésie, du sulfhydrate de magnésie et du sel marin; dans la région de traitement on rencontre encore les sources d'Achinoyou, de Hata, de Hinga, de Sokokoura, de Tonasawa, de Dogachima, de Jumota, etc., toutes à température élevée et à minéralisation souvent faible mais différente, quelques-unes sulfureuses. La source Kousatsou, qui marque 60°, étudiée par le Dr Vidal, possède, suivant M. Filhol (1), la composition suivante :

Acide sulfurique et chlorhydrique, libres;
Sulfate d'alumine;
Acide sulfhydrique;
Acide borique;
Acide phosphorique;
Iode, fluor, fer en quantité, potasse.

On ne connaît pas, sans doute, dans nos contrées, de source aussi puissamment minéralisée. Les points de traitement abondent ailleurs dans l'île Nipon; près de Niko, est la source chaude (sulfureuse?) de Koua-gen-Riou; un district à eaux minérales du Yamato possède les sources balnéaires de To-sen-Dji et de Sivo-no-Bé qui jouissent d'une réputation séculaire; le Yamasiro porte la source alcaline gazeuse de Tan-san-Dzen; le Setsou celle de O'Arima; le Bingo celle de Takidgo Tsataki et de Hourisimo; la province d'Arima celle de Jumato; dans le Sinano, on signale des eaux minérales au voisinage du lac Suiva. On dit que Sikok est riche dans le genre et Kiou-Siou l'est assurément. Je signale ici les sources qu'on trouve près de Nagasaki au pied du volcan de Simabara et qui, sulfureuses et à haute thermalité, sont recherchées pour la cure des affections cutanées; elles participent au caractère sacré dont est revêtue la montagne, et on dit que jadis elles servirent à torturer les chrétiens réfractaires de la grande persécution. Le Boungo contient une source alunifère; au pied du pic Horner de Satsouma, M. Coignet a reconnu une source boracique qui marque 40° et un peu plus loin, à la montagne KintSima, une source alunifère qui marque le même degré. Les sources ferrugineuses sont certainement rares; j'en ai cependant reconnu une au pied du volcan Asama.

Dans ce rapide exposé, j'ai donné quelques renseignements sur la composition de l'archipel et l'indication des principaux gisements métalliques connus; serait-il possible, à l'heure présente, d'étendre plus loin une semblable étude? La géologie du Japon reste à faire

(1) Rapport sur une instruction pour une mission scientifique au Japon. J. Lefort. 1877.

presque en entier, et les recherches, dans ce sens, ne pourront devenir rapidement fructueuses, que du jour où la géographie sera faite et la libre circulation accordée aux étrangers. Les côtes seules, hydrographiées par les Français et les Anglais, sont très suffisamment connues, encore faut-il en excepter celles d'Yesso et celles qui regardent la grande Méditerranée. Sur l'intérieur, sauf cependant pour quelques régions limitées, on ne possède que des indications approximatives. Vers 1873, on ordonna, en haut lieu, un ensemble d'études topographiques, qui furent pendant peu de temps dirigées par un personnel européen, mais que des innovations, sans doute plus attrayantes, firent trop vite abandonner; la topographie dut tomber dans l'oubli en compagnie de tout un monde de futilités, dont plusieurs presque invraisemblables. C'est le lieu d'indiquer qu'en attendant mieux, on pourrait faire usage des cartes indigènes; comme les cartes chinoises, elles ont sans doute le grand défaut de donner une trop belle place aux indications historiques et politiques, mais elles ne manquent pas, toutefois, d'une certaine exactitude; à la longue on finit par les lire couramment et par en tirer profit. J'ai admiré une grande carte de Yesso qui, faite il y a une vingtaine d'années, par les méthodes indigènes, et avec d'abondants détails, aurait pu servir de point de départ à une foule de recherches.

Dr G. MAGET.

DE LA CLASSIFICATION DES ANIMAUX INVERTÉBRÉS

Par HUXLEY

I

Notre connaissance de l'anatomie et particulièrement du développement des animaux invertébrés s'accroît avec une rapidité si prodigieuse, que les vues des taxonomistes, relativement à la façon d'exprimer cette connaissance dans la classification, subit actuellement, et est destinée à subir encore pendant un temps plus ou moins long, d'incessantes modifications.

Pour le commençant, qui est exposé à considérer la classification comme la base et l'essence de la morphologie, tandis qu'elle n'est en réalité que la conséquence et comme le résumé de nos connaissances, cet état de choses est désastreux. Chaque ouvrage présente un système particulier de classification, et l'on pourrait presque avec raison désespérer de trouver aucune stabilité dans une science dont les résultats généraux peuvent être interprétés de tant de façons différentes. Si cependant on tient compte des faits qui constituent la matière même des classifications plutôt que des différentes manières de les généraliser qui sont exprimées par les divers systèmes taxonomiques, on reconnaît facilement que, malgré leur apparente divergence, tous ces systèmes possèdent un fond commun.

Il est possible de diviser les animaux invertébrés en un certain nombre de groupes dont chacun peut être considéré par tout morphologiste comme formant par lui-même un assemblage parfaitement naturel. C'est-à-dire que toutes les formes ainsi associées ont entre elles des ressemblances et diffèrent à certains égards de tous les autres animaux. Chacun de ces assemblages constitue, en réalité, un « ordre naturel » dans le sens avec lequel le mot est employé par les botanistes. Quoique le nombre de ces ordres naturels puisse être accru par la découverte de formes nouvelles, ou diminué par l'observation ultérieure de traits d'union plus étroits que ceux que nous connaissons actuellement entre les ordres déjà établis, les types morphologiques qui représentent ces ordres resteront cependant toujours, et par suite

la connaissance de leurs caractères, une fois acquise, constitue une propriété scientifique permanente.

Il n'est pas nécessaire que ces ordres naturels soient morphologiquement, et encore moins numériquement équivalents, et, pour les constituer, il est plus nécessaire de ne négliger aucun trait de ressemblance que de tenir compte des différences. Nous énumérons dans la liste suivante ceux que nous admettons, en les distribuant en neuf sections.

Section I. — Monera (Foraminifera, Heliozoa), Radiolaria, Protoplasta, Gregarinidæ, Catallacta, Infusoria (Opalina, Ciliata, Flagellata, Tentaculifera).

Section II. — Porifera, Hydrozoa, Coralligena (Ctenophora).

Section III. — Turbellaria, Rotifera (Nemathoryncha), Trematoda, Cestoïdia.

Section IV. — Hyrudince, Oligochœta, Polychœta, Gephyrea.

Section V. — Crustacea, Arachnida (Pycnogonida, Tardigradata, Pentastomida), Myriapoda, Insecta.

Section VI. — Polyzoa, Brachiopoda, Lamellibranchiata, Odontophora.

Section VII. — Echinodermata.

Section VIII. — Tunicata.

Section IX. — Peripatidea, Myzostomata, Enteropneusta, Chætognatha, Nematoïdea, Physemaria, Acanthocephala, Dicyemida.

Je dois présenter ici au sujet de certaines de ces sections quelques observations inspirées par les travaux récents.

Section I. — J'ai exprimé des doutes relativement à la validité de la distinction des groupes contenus dans cette section, basée sur la présence ou l'absence d'un noyau. Les récentes recherches de Schulze (1) et d'Herwig (2) ont justifié mon hésitation. Ces observateurs ont, en effet, démontré l'existence d'un ou plusieurs noyaux dans un certain nombre de Foraminifères (*Entosalmia*, *Plystomella*, *Rotalia*, *Textularia*, et certains *Miliolidæ*). Ces noyaux peuvent être simples ou multiples; dans le dernier cas, ils n'ont pas de relation spéciale avec la courbure du squelette, et sont simples dans le jeune âge.

La découverte des noyaux fut faite en traitant les Foraminifères dans lesquels on les a trouvés d'une façon particulière : et si l'on tient compte d'une part des résultats négatifs obtenus jusqu'alors par les meilleurs observateurs des Foraminifères, et, d'autre part, de ce fait

(1) *Rhizopoden-Studien ;* in *Arch. f. mik. Anat.*, 1876, VI.

(2) *Bemerkungen zur Organisation und Systematische Stellung des Foraminiferis,* in *Jenaische Zeitschrift*, 1876.

que les autres Monères n'ont pas encore été étudiées par la méthode nouvelle, il est permis de considérer la question de la non-existence d'un noyau dans ces Monères comme non résolue. Hertwig propose de donner à tous les Rhizopodes qui sont recouverts d'une couche de chitine ou pourvus de corpuscules siliceux ou arénacés, ou qui possèdent un squelette, le nom de *Thalamophora;* mais la dénomination de Foraminifères est aujourd'hui si généralement acceptée et établie depuis si longtemps, que je crois préférable de la conserver.

J'ai réuni les *Actinophryida* et les formes semblables qu'on trouve dans l'eau douce, et qui sont pourvues d'un squelette de Radiolarié, avec les *Radiolaria* marins.

Hertwig et Lesser (1) cependant, dans leur importante monographie des Rhizopodes, ont donné des raisons en faveur de la séparation des premiers de ces animaux comme groupe distinct (les *Heliozoa* de Hæckel); mais l'opinion qu'ils émettent d'après laquelle il n'y aurait aucune relation même éloignée entre les *Heliozoa* et les *Radiolaria* ne me paraît pas suffisamment établie.

Les *Heliozoa* sont définis par ces auteurs des organismes unicellulaires, devenant accidentellement multicellulaires, ou plutôt multinucléaires par multiplication du noyau. Ils sont d'habitude sphéroïdaux et libres, mais parfois finis à l'aide d'un pédoncule. Dans la plupart, le protoplasma qui les forme est différencié en une portion corticale et une substance médullaire (*ectosarque* et *endosarque*). La netteté de la ligne de démarcation entre l'ectosarque et l'endosarque est très variable. Dans l'*Actinophrys sol*, les deux substances passent insensiblement de l'une à l'autre; dans l'*Actinosphærium*, le changement de l'ectosarque en l'endosarque s'effectue dans une zone étroite dont tous les points sont également distants du centre. La ligne de séparation entre l'endosarque et l'ectosarque est surtout bien définie dans les *Acantocystidæ*, *Heterophryidæ*, etc. ; mais elle est formée seulement par une différenciation du protoplasma et ne résulte pas du développement d'une membrane définie, enveloppant l'endosarque. Les noyaux se trouvent dans l'endosarque. Lorsqu'il n'en existe qu'un seul, il est ordinairement excentrique, et, lorsqu'il en existe plusieurs, ils sont disposés irrégulièrement. L'ectosarque contient des vacuoles contractiles, qu'on peut rencontrer aussi dans l'endosarque. Les pseudopodes sont minces, filiformes, et disposés en rayonnant autour du corps; leur surface présente parfois des granules mobiles;

(1) *Ueber Rhizopoden und denselben nahestehender Organismen;* in *Arch. f. mik. Anat.*, X, Suppl., 1866. On trouvera des renseignements bibliographiques sur le sujet dans cet ouvrage et dans CARPENTES, *Introd. to the study of Foraminifera*, 1862.

ils ne se ramifient et s'anastomosent que rarement. Dans plusieurs cas, ils présentent une substance oxiale qui peut être suivie jusqu'à l'endosarque. Le squelette siliceux peut consister en spécules séparés ou former une enveloppe continue. Les *Heliozoa* se multiplient par simple division avec ou sans enkystement préalable; et les produits de la division peuvent être ou non enkystés. Ils peuvent, ou bien passer directement à la forme adulte, ou bien devenir des larves monadiformes actives, pourvues de deux flagellums, d'un noyau et d'une vésicule contractile, et dans le cours du temps prendre la forme adulte (1).

Une lumière nouvelle a été projetée sur la question si controversée de la reproduction femelle supposée des Infusoires par les recherches d'Engelmann (2), Butschli (3), Hertwig (4). Les résultats de ces observations peuvent être résumés de la façon suivante :

1° Les embryons nommés acinétiformes sont des parasites.

2° Les corps ou bâtonnets occasionnellement observés dans l'endoplaste des infusoires sont aussi des parasites et probablement des Bactéries.

3° Les prétendus germes nommés globulaires des *Vorticellidæ* et les corps nommés « ovules » par Balbiani n'ont rien à faire avec la reproduction.

4° Dans les *Vorticellidæ*, lorsque la conjugaison se produit, l'endoplaste des deux individus se divise en un certain nombre de fragments. Ces derniers se confondent dans le corps commun qui résulte de la conjugaison. L'endoplaste du dernier résulte de l'union graduelle de plusieurs particules plus petites qui se montrent dans l'endosarque. Il n'est pas certain que ces particules soient identiques

(1) Pendant que ce chapitre était sous presse, la monographie de Hertwig, *Zur Histologie der Radiolarien*, m'est parvenue entre les mains. Les *Radiolaria* y sont définis des Rhizopodes à pseudopodes pointus, ramifiés, ordinairement anastomosés et granuleux, procédant d'un corps protoplasmique contenant soit de nombreux petits noyaux hétérogènes, soit un seul noyau vésiculaire, plus fortement différencié. Le protoplasma du corps est en outre séparé par une capsule membraneuse à parois poreuses ou une portion périphérique, non nucléée, et une portion centrale pourvue d'un noyau. La capsule est enveloppée par une substance gélatineuse, homogène. Le protoplasma intra-cellulaire contient ordinairement de nombreuses cellules jaunes. La propagation s'effectue (probablement toujours) par la division du corps en embryons monadiformes, unicellulaires, munis d'un seul flagellum. Comme conséquence de ces recherches, Hertwig admet que les *Radiolaria* et les *Heliozoa* sont étroitement alliés, et il propose même le nom de *Radiolaria* pour les deux groupes, qui formaient alors seulement des subdivisions nommées *Heliozoa* et *Cytophora*. Les *Radiolaria* (*Cytophora*) sont divisés en *Collozoa* (à nombreux petits noyaux) et *Collida* à un seul noyau, nettement différencié.

(2) *Ueber Entwickelung und Fortpflanzung der Infusorien*, in *Morphol. Iahrb.*, 1876.

(3) *Mittheil. über die Conjugat. der Infusorien und die Zelltheilung*, in *Zeitsch. f. wird. Zool.*, 1875.

(4) *Ueber Podophrya gemmipara, nebst Bemerkung. zum Ban und zur systemat. Stellung der Acineten ;* in *Morph. Iahrb.*, 1876.

avec les fragments qui résultent de la division de l'endoplaste des individus conjugués.

5° Lorsque les Infusoires qui possèdent un endoplastule aussi bien qu'un endoplaste se conjuguent, les deux parties subissent la division; l'endoplastule, avant de se diviser, acquiert la structure et la forme de fuseau qui lui a valu le nom de « capsule séminale ».

6° Le résultat final de la conjugaison est l'apparition dans chacun des individus qui ont subi la conjugaison d'un endoplaste et d'un endoplastule (soit simple, soit multiple) qui caractérise l'espèce.

Il ne paraît pas y avoir de preuve positive que l'endoplastule strié, ou les endoplastules des individus conjugués soient ou non échangés. De ses observations sur le *Stylonichia Mytilus*, Bütschli conclut que l'endoplaste se divise en quatre fragments; ces derniers s'arrondissent pour former les « ovules » de Balbiani, et sont expulsés du corps; tandis que des quatre endoplastules striés, qui résultent de la division de l'endoplastule existant avant la fécondation, l'un se convertit en un gros corps transparent, et, en se divisant, donne naissance aux deux nouveaux endoplastes qui apparaissent dans les *Stylonichiæ* après leur séparation; deux autres deviennent les nouveaux endoplastules; le dernier, qui paraît subir une métamorphose régressive, est expulsé du corps.

De ces faits et de cette circonstance que les endoplastules des Infusoires qui se bornent à se diviser, acquièrent une structure striée, il faut conclure que le caractère des spermatozoïdes attribué aux striées des endoplastules modifiés n'est pas justifié. Les remarquables observations de Bütschli, de Strasburger (1), de Van Beneden et d'Hertwig , relativement aux modifications qui se produisent dans le noyau des cellules animales et végétales sur le point de se diviser, ou qui se préparent à la fécondation, ne paraissent laisser aucun doute sur la justesse de la conclusion négative que nous venons de formuler. Dans ces cellules, les noyaux s'allongent et prennent une apparence striée, de façon à ressembler, d'une manière très frappante, au corps nommé dans les Infusoires « capsule séminale ». Néanmoins, il est encore possible que la conjugaison des Infusoires constitue un véritable phénomène sexuel; et qu'une portion des endoplastules divisés de chacun des Infusoires conjugués joue le rôle d'un corpuscule spermatique dont la conjugaison avec le noyau de l'œuf paraît, d'après les recherches les plus récentes, constituer l'acte essentiel de l'imprégnation.

(1) *Ueber Zellbildung und Zelltheilung*, 1876.

En présence de la preuve que les « embryons acinétiformes » des *Infusoria ciliata* sont des parasites, les vues émises au sujet des relations des *Tentaculifera* avec les *Ciliata* (1) cessent d'être exactement soutenables. Néanmoins la ressemblance qui existe entre les jeunes *Acinetæ* ciliés et les formes les plus simples des *Ciliata* est si étroite qu'ils peuvent encore être considérés comme une modification d'un type commun. Hertwig a fait l'observation intéressante que dans quelques *Acinetæ* les tentacules sont de deux sortes : les uns sont des organes de succion bien caractérisés, tandis que les autres sont simplement préhensiles et possèdent une structure très semblable à celle des pseudopodes préhensiles des *Actinophryidæ*. Le même auteur a montré que les germes ciliés ne sortent pas de l'endoplaste seul, mais qu'une portion du protoplasma du corps entoure chaque division de l'endoplaste. En réalité, le procédé à l'aide duquel ces germes se développent est tout à fait semblable à la division cellulaire ordinaire.

Les *Opalinina* doivent manifestement être rangés parmi les Infusoires. Stein les considère simplement comme les formes les plus inférieures des *Holotricha;* mais il est probablement plus sûr de les considérer comme un groupe distinct, ayant en quelque sorte, avec les *Ciliata*, les mêmes relations qu'ont les *Gregarinidæ* avec les *Amœbæ*.

Section II. — L'élucidation des problèmes relatifs au mode de développement des Éponges a été beaucoup avancée par les investigations d'Oscar Schmidt, de Schulze et surtout de Barrois. Ces recherches confirment l'assertion de Metschnikoff que la morula vésiculaire de l'embryon des Éponges est formée de blastomères de deux sortes : ceux d'une moitié de l'embryon sphéroïdal ou aplati, étant allongés et munis de flagellums; ceux de l'autre moitié, arrondis, granuleux et non ciliés. Schulze et Barrois se sont en outre assurés que la dernière région subit parfois une invagination partielle, et qu'il se produit un corps cupuliforme, composé d'un épiblaste formé de cellules flagellées et d'un hypoblaste formé de cellules sphéroïdes, non ciliées. Par suite, l'état de « gastrula » d'Hæckel peut exister, quoiqu'il ne soit pas formé par délamination, comme le supposait cet auteur, mais par invagination. Cependant il semble que cette phase de gastrula n'existe pas toujours, et que, lorsqu'elle existe, elle est transitoire, en ce sens que plus tard les cellules hypoblastiques grandissent, font saillie entre les cellules épiblastiques, et donnent lieu à

(1) Huxley, *The anatomy of Invertebrated Animals*, edit. 2, p. 109.

l'embryon libre, ovale, formé d'une moitié ciliée et d'une moitié non ciliée, qui a été si souvent observé. D'après les observations de Barrois, cette larve libre, nageante, se fixe par sa moitié hypoblastique non ciliée; les cellules hypoblastiques sont enveloppées par les cellules de l'épiblaste qui constitue ainsi l'enveloppe superficielle tout entière de la jeune Éponge. La cavité centrale de l'Éponge, qui représente l'intestin primitif, se forme au milieu des cellules hypoblastiques enveloppées, tandis que l'oscule est une ouverture secondaire, formée apparemment par invagination de l'ectoderme, et n'a rien de commun avec le blastopore primitif. L'Éponge même la plus simple a franchi le stade de gastrula.

Schulze a observé ce fait important que, dans le *Sycandra Raphanus*, il existe une couche de cellules aplaties extérieure au syncytium; il en résulte que ce dernier peut plutôt être considéré comme l'équivalent du mésoderme que comme celui de l'ectoderme des Cœlentérés. Les observations de Barrois sur d'autres Éponges calcaires conduisent à la même conclusion. Les recherches soigneuses de ce dernier écrivain ne lui ont permis de découvrir dans aucune Éponge des spermatozoïdes; il trouve que les œufs, dès le premier moment où l'on peut les discerner, sont situés dans le syncytium du mésodium et non dans l'endoderme. Dans les larves libres des Éponges calcaires, il existe une zone équatoriale de blastomères arrondis, égaux en taille, située entre l'hémisphère cilié ou épiblastique et l'hémisphère non cilié ou hypoblastique. Il paraît probable que ces cellules représentent un mésoblaste et donnent naissance au mésoderme. L'embryon qui offre cette condition possède une très grande ressemblance avec celui des *Clepsine*, dans le stade pendant lequel l'épiblaste occupe une face de l'embryon, l'hypoblaste, formé de trois blastomères très larges, occupant la face opposée, tandis qu'une zone incomplète de six ou huit grands blastomères, qui sont éventuellement enveloppés par l'épiblaste, entoure les bords du dernier.

J'ai signalé (1), d'après Hæckel, un phénomène de gemmation *entérogastrique* dans *Carmarina hastata* d'un caractère tout à fait anormal. F. E. Schulze (2) a récemment étudié des échantillons de *Geryonia hexaphylla* pourvus d'un prolongement entérogastrique entravé par un bourgeon de *Cunina*, et il a montré que dans ce cas au moins le phénomène était du parasitisme. Le pédicule duquel partent les bourgeons n'est pas, en réalité, un prolongement du corps de la *Geryonia*,

(1) HUXLEY, *The anatomie of the Invertebrated Animals*, p. 150.

(2) *Ueber die Cuinen Knospenachren im Magen V. Gerionien*, in *Mitth. der Naturw. Vereines*, Graz, 1875.

mais il est simplement attaché à la chambre gastrique de cette dernière. Il est creux, et sa cavité est limitée par un épithélium endodermique. Les bourgeons de *Cunina* ne se développent pas à l'aide de l'épithélium qui couvre le pédicule et représente son ectoderme; mais il commence de la façon habituelle, sous la forme d'un diverticulum cœcal de la paroi du pédicule, dont le sommet s'ouvre bientôt pour former l'hydranthe d'un médusoïde, dont le disque résulte de la croissance en dehors de la base de l'hydranthe. Selon toute probabilité, la larve du *Cunina* pénètre dans la cavité gastrique du *Geryonia* à l'état de planula; elle s'attache à la paroi gastrique du *Geryonia* et pousse un stolon qui donne naissance à des bourgeons médusoïdes.

Il est permis de supposer que les autres cas de prétendue prolifération entérogastrique sont susceptibles d'une application semblable.

Quoique je me sois efforcé de montrer que les *Ctenophora* sont réductibles au plan général des *Actinozoa*, en considérant cependant leurs caractères particuliers, je pense qu'il pourrait être sage de les séparer des *Coralligena*, pour en former un ordre naturel distinct.

En outre, les *Physemaria* doivent, sans aucun doute, être placés dans cette section, qui comprendrait par suite les ordres naturels suivants : *Physemaria*, *Porifera*, *Hydrozoa*, *Coralligena*, *Ctenophora*.

Section III. — J'admets la proposition de Bütschli (1) d'établir un groupe des *Nematorhyncha*, pour les genres *Chætonotus*, *Echinoderes* et leurs alliés (2). Les *Nematorhyncha* sont divisibles en : *Gastrotricha* (3) (*Chætonotus*, *Chætura*, *Cephalidium*, *Ichthydium*, *Turbanella*, *Hemidasys* et *Dasytes*), qui sont ciliés sur la face ventrale du corps, et *Atricha* (*Echinoderes*), qui ne possèdent pas de cils. Bütschli trouve dans *Chætonotus* deux vaisseaux aquifères convolutés, analogues à ceux des Rotifères, mais apparemment non ciliés.

Section IV. — Nos connaissances relatives au développement des Hirudinées ont reçu un important accroissement du récent *Mémoire sur le développement embryogénique des Hirudinées* de Ch. Robin, qui, parmi d'autres importantes contributions à l'embryologie, a rectifié quelques erreurs importantes de Rathke relativement aux premiers états de développements des Clepsines. Je trouve que la description et les figures de la division et des diverses phases par lesquelles le blastoderme produit la jeune Clepsine sont faites dans ce mémoire avec un soin remarquable.

(1) *Untersuchungen über die freilebeden Nematoden und di Gattung Chætonotus*; in *Zeitsch. f. wiss. Zool.*, 1876.

(2) Huxley, *The anatom. of the invert. Animals*, p. 192.

(3) Voy. H. Luewig, *Ueber die Ordnung Gastrotricha*, in *Zeisch. f. wiss. Zool.*, 1876.

Les phénomènes qui se produisent dans les Clepsines sont tout à fait semblables à ceux qui ont été décrits dans *Euaxes* par Kowalensky (1). Dans l'un et l'autre cas, existe cette particularité remarquable que la première portion formée du blastoderme devient la région hémale du corps. A mesure que ce disque blastodermique s'accroît, ses bords s'épaississent et donnent naissance à deux bandelettes embryonnaires (*Keim-streifen*) qui se rapprochent peu à peu, et éventuellement s'unissent sur la face opposée de l'œuf. Comme la chaîne ganglionnaire est le produit de la différenciation de l'épiblaste des deux bandelettes embyronnaires, il en résulte qu'elle est formée par l'union de deux traînées nerveuses primitivement distinctes qui s'étendent circulairement depuis la face hémale jusqu'à la face neurale du corps, et la disposition des troncs nerveux dans *Malacobdella* (2) peut être considérée comme l'expression permanente d'un état qui est transitoire dans *Clepsine* et *Euaxes*.

Il y a quelques années (3) j'attirai l'attention sur le fait que « le développement d'un Mollusque commence par la face hémale et se propage circulairement vers la face neurale, renversant ainsi le processus qui s'observe chez les Articulés et les Vertébrés. » Il est très intéressant, vu les points nombreux de rapprochement entre les Annélides et les Mollusques qui ont déjà été mis à jour, d'observer que certains Annélides présentent cette particularité spéciale de développement des Mollusques (4). Ainsi que Von Baer l'a depuis longtemps signalé, il existe une ressemblance frappante entre le pied d'un Gastéropode et le disque de succion d'une Hirudinée. Les mâchoires des sangsues (dont les « dents » sont, je dois le faire remarquer en

(1) *Embryologische Studien am Würmern und Arthropoden*, in *Mém. de l'Ac. imp. de St-Pétersb.*, 1871.

(2) D'après les recherches récemment publiées par Semper, le *Malacobdella* est un véritable Nématoïde et non une Hirudinée (*Die Verwandtschaftsbeziehungen der gegliederten Thiere*, in *Arbeiten aus d. Zoologisch-Zootom. Instit. in Würzburg*, III, 1876). Ce mémoire est rempli d'observations importantes sur la structure du système nerveux dans les *Annelida*, la multiplication agamo-génésique des *Naïs* et *Chætogaster*, et le développement des organes de ces Annélides. L'auteur discute en outre longuement les relations des Annélides avec les types vertébrés. Je ne me propose pas d'aborder ici cette question, mais je dois faire remarquer que l'évidence sur laquelle l'identification des organes nommés *Kiemengangnülste* et leurs produits avec l'appareil branchial des animaux vertébrés est fondée, ne me paraît pas entièrement de nature à supporter les conclusions que l'auteur en tire.

(3) *On the Morphology of the Cephalous Mollusca;* in *Phil. Transact.*, 1852, p. 45 et note.

(4) Le mode de développement du système nerveux central dans *Euaxes* et *Clepsine* offre plusieurs points dignes d'intérêt. Celui qui n'est pas le moins important est la ressemblance (qui avait déjà attiré l'attention de Semper) entre les bandes embryonnaires de *Clepsine* lorsqu'elles sont unies dans la plus grande partie de leur longueur, mais entourent le blastopore en arrière, et l'embryon d'un Amphibien avec ses arêtes dorsales, qui ont exactement les mêmes relations. (Voy. par exemple la figure 40 de la planche III du mémoire de Gôtte, *Die Entwickelungsgeschichte der Unke.*)

passant, calcifiées) ressemblent singulièrement à un odontophore dépourvu de cartilages, le représentant de la radula étant supporté par un coussin musculaire.

L'opinion (1) d'après laquelle « il ne se trouverait aucun squelette calcaire dans les *Gephyrea* » cesse d'être vraie depuis la découverte, faite par L. Gray (2), que les petites épines des *Chœderma* sont calcifiées. Ce genre présente une autre particularité : deux cordes nerveuses distinctes partent du ganglion cérébral, restent parallèles l'une à l'autre sur chacun des côtés du corps, tandis que dans les autres membres du même groupe il n'existe qu'une seule corde nerveuse médiane.

Le D[r] Jehring (3) a attiré l'attention sur certains points de ressemblance qui existent entre *Chœderma*, ainsi que le genre voisin *Neomenia*, et les Chitons, particulièrement au point de vue de la disposition des troncs du système nerveux; et il propose d'unir ces trois genres en un groupe des *Amphineura*, séparant ainsi complètement les Chitons des Mollusques.

Section VI. — L'étude de la structure des *Pedicellina* et *Loxosoma* par Nitsche (4) a montré que les différences existant entre les *Polyzoa* Ectoproctés et les *Polyzoa* Endoproctés constituent un caractère plus important qu'on ne l'avait soupçonné. Dans les Ectoproctés, l'endocyste est formé en réalité de deux couches, l'une externe, l'autre interne, la première représentant l'ectoderme des autres animaux. La dernière délimite les parois de la « cavité péri-viscérale » et se réfléchit ensuite, comme une tunique péritonéale, sur l'étui tentaculaire et dans l'intérieur des tentacules, d'où elle se continue sur le canal alimentaire, dont elle forme le revêtement externe. L'endoderme, qui limite le canal alimentaire, se continue à travers l'ouverture de la bouche avec l'ectoderme.

Dans les Endoproctés, au contraire, l'endocyste est composé d'une seule couche, et l'endoderme du canal alimentaire ne possède pas de seconde couche extérieure. La « cavité péri-vicérale » ou espace situé entre l'endoderme et l'ectoderme est occupée par des cellules mésodermiques ramifiées.

Les Endoproctés présentent ainsi une structure aussi simple que celle des Vers Nématoïdes; tandis que les Ectoproctés, possédant une

(1) Voy. Huxley, *The anatomy of the Invertebrated Animals*, p. 245.
(2) *Anatomie der Chætoderma nitidulum;* in *Zeitsch. f. wiss. Zoologie*, 1876.
(3) *Vergleichende Anatomie des Nervensystems der Mollusken*, 1877.
(4) *Untersunchungen zur Erforschung der genealogischen Grundlage des Crustaceensystems*, 1876.

cavité péri-viscérale à membrane délimitante spéciale, dont la surface interne peut être ciliée, sont comparables aux Brachiopodes ou aux Echinodermes.

L'état de nos connaissances relativement au développement embryonnaire des *Polyzoa* Ectoproctés ne nous permet malheureusement pas de déterminer avec certitude la nature de cette cavité péri-viscérale et de la couche qui la limite. Nitsche montre que la vésicule sacculaire qui résulte des premières modifications produites pendant le développement de l'embryon dans les *Phylactolæmata* est composée de deux couches qui correspondent à celles de l'endocyste de l'adulte, et, en outre, que le polypide (canal alimentaire, tentacules et ganglion) résulte d'une invagination de la couche externe de l'endocyste qui repousse devant elle une involution de la couche interne. La dernière donne naissance au « péritoine » réfléchi. Cependant je ne crois pas qu'on sache d'une façon certaine de quelle façon naissent les deux couches de l'endocyste embryonnaire, ni avec quelles couches de l'embryon ordinaire elles sont homologues. Si nous adoptons l'opinion ordinaire que la couche interne ou péritonéale de l'endocyste est partiellement ou complètement l'homologue de l'hypoblaste des autres animaux, il en résulte que la cavité péri-viscérale des Ectoproctés est réellement un enterocœle, comme dans les Brachiopodes. La seule autre alternative possible paraît être la supposition que la couche interne de l'endocyste est un mésoblaste, différencié du germe avant l'hypoblaste ; dans ce cas, la cavité péri-viscérale serait un schyocœle.

L'ouvrage du D[r] Jehking sur le système nerveux des Mollusques, auquel j'ai fait allusion plus haut, contient un grand nombre de détails anatomiques estimables, et surtout donne une exposition de la structure du système nerveux du *Chiton*, meilleure que celles qui avaient été fournies jusqu'à ce jour (1).

Il n'existe pas d'animal invertébré actuellement connu qui ne puisse être rapporté à l'un ou à l'autre des ordres naturels qui ont été dis-

(1) Indépendamment d'une grande variété de spéculations phylogéniques surprenantes, le D[r] Jehking émet une vue morphologique nouvelle d'après laquelle le sac respiratoire des Pulmonés (Nephropneustes de Jehking) est morphologiquement une sorte de vessie urinaire et que les ganglions desquels partent les nerfs des bras des Céphalopodes et cérébral et non pédal. Les bras seraient ainsi des parties de la tête, et l'entonnoir représenterait seul le pied des Gastéropodes. Je ne puis me révolter contre la critique autorisée de mon mémoire sur *La morphologie des mollusques*, publié il y a vingt-cinq ans, prononcée par le D[r] Jehking. Cependant je dois faire remarquer que, s'il avait prêté attention à ce qui est dit relativement à la flexion de l'intestin des Mollusques dans cette vieille production, il n'aurait pas commis lui-même la publication de deux diagrammes, l'un d'un Céphalopode et l'autre d'un Ptéropode, l'un et l'autre avec un canal alimentaire contourné de manière inconnue à la nature, qui illustrent, quoiqu'ils ne l'ornent guère, la page 272 de son livre.

cutés dans les pages précédentes (1). La question qui se présente est celle de savoir jusqu'à quel point ces ordres sont susceptibles d'être disposés en groupes d'un ordre plus élevé, distincts les uns des autres par un certain nombre de caractères communs.

On admet généralement que les Insectes, les Myriapodes, les Arachnides, les Crustacés, les Pycnogonides et les Tardigrades forment un assemblage de cette nature, désigné sous le nom d'ARTHROPODES (*Arthropoda*) et caractérisé par : la segmentation du corps ; l'existence d'une cuticule chitineuse; l'absence de cils vibratils sur le corps ou dans le corps, à aucune période de la vie; la segmentation du système nerveux central et sa perforation par le tube intestinal; et la présence (avec l'exception possible chez les Trilobites) de membres qui presque toujours sont eux-mêmes subdivisés en articles. Nous avons donné (2) des raisons pour faire rentrer les Péripatidés dans ce groupe; et, quoique les Pentastomidés ne puissent être considérés que comme entrant très difficilement dans les limites de la définition donnée de ce groupe, je pense que, en tenant compte des étranges modifications subies par les Crustacés et les Arachnides parasites, on ne se départira pas de la pratique habituelle en les réunissant aux Arthropodes.

Les *Lamellibranchiata* et les *Odontophora* constituent une autre division bien nette, celle des MOLLUSQUES (*Mollusca*). La proposition qui a été faite de séparer les *Polyplacophora* des Mollusques me paraît tout à fait injustifiable. Les ressemblances qui existent entre certains *Gephyrea*, tels que les *Chætoderma* et *Neomenia*, et les *Polyplacophora*, sont accompagnées de différences manifestes; et même, si ces ressemblances devaient être considérées comme entraînant une affinité évidente, quelques considérations, telles que la limitation des branchies à la partie postérieure du corps et la réduction du pied dans *Chitonellus*, devraient plutôt faire supposer que les *Chætoderma* et les *Neomenia* sont des Mollusques extrêmement modifiés, alliés aux *Polyplacophora*.

En ce qui concerne la supposition que les ressemblances qui existent entre les Nudibranches et les Turbellariés indiquent une affinité directe entre ces groupes, il semble qu'on oublie que les Nudibranches sont tous, à l'état jeune, des Gastéropodes impossibles à méconnaître, pourvus d'un manteau et d'une coquille. Leur structure à l'état adulte indique aussi peu les affinités des Turbellariés que celle

(1) HUXLEY, *The anatomy of the Invertebrated Animals.*
(2) *Loc. cit.*, chap. XI.

des *Lernæa* est susceptible de prouver que ces derniers sont alliés aux Vers plutôt qu'aux Crustacés.

Les *Physemaria*, *Porifera*, *Hydrozoa*, *Coralligena* et *Ctenophora* sont des modifications d'un même plan fondamental. Je crois qu'il est convenable de conserver le nom bien établi de *Cœlentérés* (*Cœlenterata*) pour les trois derniers ordres, qui sont plus étroitement reliés les uns aux autres que les deux autres. La proposition faite par Hæckel d'appliquer le vieux nom de Zoophytes au groupe tout entier me paraît devoir être adoptée. L'inconvénient qu'il peut y avoir à employer une dénomination dont le sens a beaucoup varié depuis qu'elle a été créée me paraît être moindre que ceux qui seraient attachés à la création d'un nom nouveau.

Les *Monera*, *Foraminifera*, *Heliozoa*, *Radiolaria*, *Protoplasta*, *Gregarinida*, *Catallacta* et *Infusoria* (*Opalinina*, *Ciliata*, *Tentaculifera*, *Flagellata*) sont si étroitement unis les uns aux autres, que la plus grande difficulté consiste à distinguer dans chaque groupe les formes les moins différenciées les unes des autres.

Tous ces groupes constituent la grande division des Protozoaires (*Protozoa*).

S'il n'existait pas d'autres animaux invertébrés que ceux compris dans ces quatre divisions : Arthropoda, Mollusca, Zoophyta et Protozoa, la tâche du classificateur serait très facile, et chacune de ces divisions supérieures serait aisément distinguée des autres. Mais il nous reste à considérer un vaste résidu, et c'est dans l'arrangement des divers ordres de ce résidu dans les groupes supérieurs que les difficultés de la taxonomie commencent à apparaître.

Les *Polychæta* et les *Oligochæta*, les *Hirudinea* et les *Gephyrea* se ressemblent généralement par : la segmentation du corps, indiquée du moins par la disposition sériale d'un centre nerveux multiganglionnaire; la présence de cils et d'organes segmentaires ; et la nature des larves, qui sont libres lorsque leurs embryons éclosent à une période précoce de leur développement. Quoiqu'aucun de ces caractères n'ait une existence absolument constante (les cils par exemple étant absents dans la plupart des Hirudinées adultes), ils se présentent cependant dans une association telle que la réunion de ces quatre groupes (auxquels j'ajoute, non sans quelque hésitation, celui des *Myzostomata*) en une division des Annélides (*Annelida*) est sans aucun doute très convenable.

Les *Trematoda*, les *Turbellaria* et les *Rotifera* forment un autre assemblage très naturel; mais on doit admettre que les formes les plus élevées de cette division ne se séparent par aucune ligne de

démarcation manifeste des Annélides; tandis que les Turbellariés les plus simples sont presque au niveau des *Physemaria* et des *Hydrozoa* inférieurs. Une Planaire est même comparable à un Zoohpyte libre; son probogène peut être comparé à l'hydranthe d'une Méduse; sa prolongation du sac alimentaire, aux canaux gastro-vasculaires; son système nerveux central, avec ses prolongements latéraux, aux ganglions et aux nerfs marginaux. Le système aqueux vasculaire et la complication des organes reproducteurs établissent certainement des distinctions marquées; mais ces systèmes varient à l'infini par le degré de leur développement dans les limites du groupe des Turbellariés.

D'autre part, la connection des *Hirudinea* avec les *Turbellaria* et les *Trematoda* par l'intermédiaire de formes telles que *Malacobdella* est très étroite; les *Polygordius* paraissent être une forme transitoire entre les *Turbellaria* et les *Polychæta;* tandis que les *Rotifera* représentent à plusieurs égards les formes larvaires de *Polycœtha* et de *Gephyrea.*

Les Cestoïdes sont généralement considérés comme des Trématodes anentérés et doivent dans ce cas leur être associés.

Je propose d'établir une division des Trichoscolices pour les ordres naturels que je viens d'énumérer, afin de distinguer le type morphologique qu'ils présentent de celui des Nématoscolices, qui contiendrait les *Nematoidea*, qui sont aussi remarquables par l'absence constante de cils que les premiers par leur présence, et qui sont en outre si clairement distincts par la disposition de leurs systèmes nerveux et musculaire et de leurs vaisseaux aquifères et par leur ecdysie.

La connection qui existe entre les deux derniers par l'intermédiaire des *Nematorhyncha* et des *Rotifera* est sans doute très intime, et il existe presque autant de motifs de placer les *Nematorhyncha* parmi les Trichoscolices que parmi les Nematoscolices. Je pense cependant que, malgré les cils offerts par les *Gastrotricha*, les affinités les plus étroites des *Nematorhyncha* sont avec les *Nematoidea*, et par suite je les place parmi les Nématoscolices.

Je ferai cependant remarquer, une fois pour toutes, que la prétention d'établir dans le règne animal de grandes divisions bien distinctes serait futile. Les progrès accomplis dans nos connaissances rendent chaque jour de plus en plus manifeste que les groupes morphologiques sont comparables à des provinces, dont chacune, quelque bien marqué que soit son aspect caractéristique, se confond sur les bords avec ses voisines; l'objet de la classification doit seulement être de mettre en évidence les types morphologiques qui offrent cet aspect caractéristique.

Il me paraît impossible de comparer la structure et les conditions

larvaires d'un *Polyzoon* avec celles d'un Brachiopode, sans arriver à la conclusion qu'ils sont plus étroitement alliés l'un avec l'autre qu'ils ne le sont avec aucun troisième groupe. Néanmoins, par un autre côté, les *Polyzoa* se rapprochent des *Rotifera*, et les *Brachiopoda* se rapprochent des *Annelida*, tandis que d'autre part ils présentent des affinités qu'il est impossible de méconnaître avec les Mollusques inférieurs. En même temps, la somme de ressemblances qui existent entre les *Polyzoa* et les *Tunicata*, qui ont conduit Milne-Edwards à l'établissement d'un groupe des Molluscoïdes (adopté par moi-même sous le titre de *Molluscoidea*), a été beaucoup amoindrie par les progrès de l'observation.

Je conçois qu'il peut être favorable de conserver ces différences et ces ressemblances en vue, en associant les *Polyzoa* et les *Brachiopoda* dans une division spéciale, pour laquelle je propose le nom de MALACOSCOLICES, afin d'indiquer ses relations avec les Vers d'un côté et avec les Mollusques d'un autre.

Les *Tunicata* sont absolument distincts de tous les autres animaux invertébrés, sauf les *Balanoglossus*, par la perforation de leur pharynx et sa conversion en un organe respiratoire.

Il semble, à première vue, qu'il ne soit guère possible de rapprocher des groupes en apparence si différents que les *Tunicata* et les *Enteropneusta*. Cependant la ressemblance extraordinaire qui existe dans la structure du sac pharyngien perforé dans les larves des Tuniqués et du *Balanopus* est un fait d'une grande valeur morphologique. Un *Appendicularia* sans queue, de ces espèces qui ont le canal alimentaire presque droit, ressemble merveilleusement à une larve de *Balanoglossus*, qui est un peu plus qu'un Turbellarié modifié spécifiquement. Je pense donc que les *Turbellaria* et les *Enteropneusta* peuvent convenablement constituer une division des PHARYNGOPNEUSTA.

Les *Pharyngopneusta* Tuniqués, avec leur larve munie d'une queue, peuvent être considérés comme étant dans la même relation avec les *Pharyngopneusta* Turbellariformes que les *Trematoda* avec leurs larves cercariformes ont avec les *Turbellaria*.

Une autre division bien marquée est celle des *Echinodermata*, dont nous avons discuté avec détails les caractères et les relations.

Quoique la structure et le développement des *Sagitta* soient en ce moment aussi bien connus que ceux de n'importe quel animal, la place taxonomique des *Chætognatha* est encore un problème non résolu. Les solutions possibles semblent cependant devoir être les suivantes : ou bien ils appartiennent aux *Annelida*, ou aux *Nematoscolices*, ou aux *Trichoscolices;* ou bien les *Chætognata* doivent être

considérés comme une division indépendante, alliée à celles que nous venons de nommer et peut-être aux Arthropodes inférieurs. Je suis disposé à adopter cette dernière opinion, surtout à cause du mode de développement des *Sagitta*, qui ne ressemble à aucun de ceux actuellement connus dans les *Annelida*, *Trichoscolices*, *Nematoscolices* et *Arthropoda*.

Les *Acanthocephala* ne sont guère moins anormaux que les *Chætognatha*. En tenant compte des Gordiacea et des caractères du proboscide dans les *Nematorhyncha*, il semble peu douteux que les *acanthocephala* soient des *Nematoscolices* anentérés modifiés et doivent être classés parmi ces derniers. Mais ici, comme pour les *Cestoidea*, il existe de nombreuses difficultés d'expliquer ces formes anentérées par la supposition qu'elles sont le résultat d'une métamorphose régressive d'animaux entérés.

Cette question des véritables relations des Invertébrés anentérés, — parmi lesquels je place non seulement ceux qui, comme les mâles des Rotifères, n'ont pas à l'état adulte de canal alimentaire ayant une fonction, mais aussi ceux qui, comme les Cestoïdes et les Acanthocéphales, n'offrent jamais la moindre trace d'un canal alimentaire même dans l'embryon, — question ordinairement résolue d'une façon sommaire par la supposition d'une métamorphose régressive, acquiert encore plus d'importance lorsqu'on essaye de déterminer la place taxonomique des *Dicyemida*.

Le professeur Van Beneden a prouvé que ces parasites ne peuvent pas être considérés « sans façon » comme des Vers ayant subi une métamorphose régressive; et quoique je ne sois pas disposé à attacher beaucoup de poids à l'absence d'un mésoderme, sur laquelle Van Beneden insiste comme une distinction entre les *Dicyemida* et les *Metazoa*, la manière suivant laquelle le contenu de la cellule axiale donne naissance au germe est si complètement différente de toutes celles qu'on connaît dans les *Metazoa*, que, d'après mon avis, elle justifie la séparation des *Dicyemida* de toute cette division. D'autre part, la similitude de leur développement avec la formation des embryons métazoïques par épibolie sépare complètement les *Dicyemida* de tous les *Protozoa*. Il faut rappeler que les changements subits par les embryons ciliés restent encore à découvrir; mais, provisoirement, je suis disposé à admettre avec Van Beneden que les *Dicyemida* doivent être considérés comme les représentants d'une division distincte, les Mezozoa, intermédiaire aux *Protozoa* et aux *Metazoa*. Et, sans vouloir me porter garant d'une semblable opinion, je pense qu'on peut supposer que les Cestoïdes, sinon les Acanthocéphales,

peuvent être des modifications du même type, différents des *Dicyemida* par le développement d'un mésoderme, mais leur ressemblant par l'absence totale d'un appareil alimentaire.

II

Des relations sériales des Invertébrés. — Lorsqu'on compare les différents groupes des animaux invertébrés, on ne tarde pas à voir qu'ils présentent des degrés très différents de complexité morphologique; ce qui peut les faire considérer comme des termes en progression graduée, dans lesquels la place de chaque groupe correspond grossièrement au degré de sa différenciation. Les *Protozoa* les plus inférieurs occupent l'une des extrémités de cette progression, les Arthropodes et les Mollusques l'autre extrémité, tandis que les autres groupes occupent les places intermédiaires. Si l'on essaye d'exposer cet arrangement sérial dans ses détails, on trouve qu'aucune série unique n'est susceptible d'exprimer les faits, mais qu'en partant des Protozoaires les plus inférieurs on suit diverses lignes, dont aucune, autant que nous pouvons en juger d'après nos connaissances actuelles, ne peut être tracée sans interruption d'un bout à l'autre de l'échelle.

Si nous supposons, en absence de preuves du contraire, que les Monères ont la simplicité de structure qui leur a été assignée par Hæckel, et si nous comparons les *Endoplastica* avec les *Monera*, les différents groupes des premiers nous paraissent se rattacher à ceux de la dernière division, comme s'ils n'en étaient que de simples formes modifiées par l'addition d'un ou plusieurs noyaux. Les *Protogenes* peuvent ainsi être considérés comme la souche de la série Foraminifère, les *Protamœba* comme celle des *Protoplasta*, les *Myxastrum* comme celle des *Gregarinidæ*, les *Vampyrella* comme celle des *Helioza*, les *Protomonas* comme celle des *Flagellata*. Nous ne connaissons pas actuellement de Monérien cilié sur toute la surface du corps qui puisse occuper la même position relativement aux *Opalinina*, *Catallacta*, *Tentaculifera* et *Ciliata*.

Les *Protozoa* donnent ainsi les séries suivantes :

I.	II.	III.	IV.
Protogenes,	*Protamœba*,	*Myxastrum*,	*Vampyrella*,
Foraminifera.	*Protoplasta*.	*Gregarinidæ*.	*Heliozoa*,
			Radiolaria.

V.	VI.	VII.
?	?	
Tentaculifera.	*Catallacta,*	*Protomonas,*
	Opalinina,	*Flagellata.*
	Ciliata.	

Il m'est impossible de pousser plus loin aucune de ces séries de modifications, c'est-à-dire de trouver les formes qui actuellement comblent l'intervalle existant entre l'une de ces séries et les Métazoaires, quoiqu'il soit assez facile d'imaginer quelles peuvent être ces formes. Une Monade sphéroïde, nageant librement, comme *Uvella* ou *Polystoma*, et *Magosphæra* lui-même, est, sous plusieurs rapports, comparable à des embryons de Physémarien ou de Rotifère; tandis qu'un *Volvox* serait une sorte de morula vésiculaire permanente. Aussi l'un des infusoires les plus élevés, s'il devient multinucléé comme une *Opalina*, se rapproche des Turbellariés inférieurs.

La cellule axiale d'un *Dicyema* dont le protoplasma produit des germes ciliés et non ciliés est, dans une certaine mesure, comparable à la capsule d'un Radiolaire, tandis que, d'autre part, un Radiolaire à couche corticale multinucléée se rapproche des *Dicyema*. Si ce que nous savons actuellement des *Dicyema* donne une idée juste des points essentiels de leur histoire entière, il n'est pas douteux, ainsi que l'a suggéré Van Beneden, qu'ils représentent un type intermédiaire entre les Protozoaires et les Métazoaires, quoiqu'on puisse difficilement dire qu'il comble l'*hiatus* existant entre eux.

Dans notre poursuite ultérieure des relations sériales des animaux, nous devons donc prendre un point de départ nouveau dans les Métazoaires inférieurs. Ici, une première série zoophytique est très bien marquée, commençant avec les *Physemaria* et de là divergeant d'un côté vers les *Porifera* et de l'autre vers les *Cœlenterata* dont les formes les plus élevées terminent cette première série.

Une seconde série, qui peut être désignée sous le nom de SÉRIE ANNULOÏDE, est représentée par les *Trichoscolices* et les *Annelida*. Les *Turbellaria* les plus inférieurs sont situés presque sur le même niveau d'organisation que les *Hydrozoa*. Il serait difficile de distinguer un Turbellarié aprocté, dépourvu de ganglion et de vaisseaux aquifères, d'un Hydrozoaire nageant librement, dépourvu de tentacules. D'autre part, comme je l'ai déjà signalé, la ligne de démarcation entre les *Trichoscolices* les plus élevés et les *Annelida* est très peu distincte, et nous devons espérer qu'elle sera effacée de plus en plus par les progrès de nos connaissances.

Une troisième série est constituée par les *Nematoscolices* et les

Arthropoda. Les Nématoïdes les plus inférieurs ne possèdent pas une organisation plus élevée que les Turbellariés et les Rotifères les plus inférieurs. Les *Nematorhyncha*, qu'ils constituent réellement ou non une forme transitoire entre les *Nematoïdea* et les *Arthropoda*, indiquent tout au moins la voie par laquelle la transmission a pu être effectuée; et j'incline beaucoup à penser que les *Chætognatha* peuvent occuper une place dans cette troisième série. L'armature orale des *Sagitta* peut être considérée comme une modification des épines orales des *Echinoderes*, et son système nerveux est autant celui d'un Arthropode que d'un Pentastomidé. Cette série peut recevoir le nom de SÉRIE ARTHROZOÏQUE.

Je désignerai une quatrième série sous le nom de SÉRIE MALACOZOÏQUE. Elle renferme esl *Malacoscolices* et les *Mollusca*. Les *Polyzoa* Entoproctés forment le terme le plus inférieur de cette série. Les ressemblances des *Polyzoa* avec les *Rotifera* (avec *Stephanoceros*) ont été souvent signalées, et certes on y a insisté, en tenant trop peu compte des différences qui sont établies par les vaisseaux aquifères et l'armature pharyngienne particulière des Rotifères. Néanmoins ces ressemblances sont importantes dans la masse de leur étendue, et, par le degré de l'organisation, les deux groupes sont au même niveau. D'autre part, la comparaison d'un *Polyzoon* avec une larve de Lamellibranche ou de Gastéropode, ou avec un Ptéropode, ne laisse dans mon esprit aucun doute que les *Malacoscolices* sont dans les mêmes relations avec les *Mollusca* que les *Trichoscolices* avec les *Annelida*.

Un cinquième échelon est occupé par les *Tunicata* et les *Enteropneusta*, dont je fais la SÉRIE PHARYNGOPNEUSTALE. Je ne regarde pas les *Enteropneusta* comme ayant une organisation manifestement inférieure à celle des *Tunicata*, mais plutôt comme constituant un groupe collatéral, et considère comme probable qu'on trouve un jour quelque forme reliant les *Enteropneusta* et les *Tunicata* les uns avec les autres et avec les *Trichoscolices*. Quoi qu'il en soit, les *Appendiculaires* ne présentent qu'un degré d'organisation à peine plus élevé que celui des *Polyzoa*.

Un sixième échelon est représenté par la SÉRIE ÉCHINODERMALE. Comme la précédente, cette série est actuellement isolée. Aucune forme transitoire entre les Echinodermes et les groupes plus élevés ou plus inférieurs ne nous étant connue, si l'on tient compte de l'uniformité de caractères des larves des Echinodermes, il est peu douteux que, si jamais cette forme est découverte, elle montrera que les Echinodermes sont alliés aux *Sephyrea*, aux *Trichoscolices* et aux *Enteropneusta*.

L'étude des graduations de la structure chez les *Metazoa* nous conduit donc à cette conclusion qu'ils forment six séries, qu'on peut disposer de la façon suivante :

SÉRIES.

I. ZOOPHITIQUE. — *Cœlenterata*, *Porifera*, *Physemaria.*
II. ECHINODERMALE. — *Echinodermata.*
III. PHARYNGOPNEUSTALE. — *Enteropneusta*, *Tunicata.*
IV. MALALACOZOÏQUE. — *Mollusca, Malacoscolices.*
V. ANNULOÏDE. — *Annelida, Trichoscolices.*
VI. ARTROZOÏQUE. — *Arthropoda*, *Chætognatha* (?), *Nematoscolices.*

Le terme le plus inférieur connu de la série arthrozoïque est un Ver nématoïde; celui de la série annuloïde est un Turbellarié ou un Rotifère inférieur; celui de la série malacozoïque est un Polyzoon antoprocté; celui de la série pharyngopneustale est probablement représenté par la jeune larve d'un *Balanoglossus;* celui de la série échinodermale, par l'*Echinopædium* vermiforme.

Mais les différences qui existent entre l'un des plus simples vers nématoïdes, un Turbellarié aprocté, un Rotifère, un *Echinopædium* et un *Pedicellina,* sont relativement si faibles qu'on peut considérer les six séries comme convergeant vers une forme commune; et celle-ci, après qu'on a éliminé les caractères spéciaux de chaque groupe, et qu'on a réduit le canal alimentaire à sa condition aproctée primitive, ressemble beaucoup à un Physemium.

La considération des gradations de structure présentées par les différentes séries des animaux invertébrés nous conduit ainsi à cette conclusion que tous les Métazoaires peuvent être considérés comme des modifications diverses d'un plan commun fondamental.

III

Les relations sériales des Invertébrés comparées avec les résultats de l'embryologie.

La conception de l'unité d'organisation des Invertébrés ainsi obtenue en prenant pour base la comparaison de la structure des adultes est purement idéale, et l'étude du développement des individus est seule compétente pour résoudre la question de savoir si cette unité est basée sur des faits réels; mais l'histoire du développement de chaque groupe d'Invertébrés démontre que cette unité existe réellement. en

ce sens que tous ces animaux débutent dans l'existence par la même forme, celle d'un simple corps protoplasmique, l'œuf ou germe.

J'ai dit ailleurs (1) que, « parmi les formes les plus inférieures, la vie animale, la masse protoplasmique qui représente l'unité morphologique, peut être, comme dans les plantes les plus inférieures, dépourvue de noyau. » Cependant j'ai fait remarquer plus haut que, des recherches récentes ayant prouvé son existence dans les Foraminifères, il est à mon avis permis de douter si toutes les Monères sont réellement dépourvues de cet élément de différenciation organique. Les tendances des recherches récentes paraissent être de mettre en question si le noyau de l'œuf disparaît jamais réellement, quelles que puissent être les modifications subies par la vésicule germinative et son contenu. Il est donc permis de supposer provisoirement que la forme primitive de tout animal est un corps protoplasmique nucléé, *cytode* ou *cellule*, dans la plus large acception de ce dernier mot.

Que le cytode primaire possède ou non un noyau, ce fait important subsiste, comme sa condition première : tout animal invertébré, capable de mener une existence indépendante, doit être classé parmi les *Protozoa*.

Le premier changement qui se produit dans le développement de l'embryon depuis l'état de cytode primitif, ou d'œuf imprégné, dans tous les Métazoaires, est sa division; la forme la plus simple de la division consiste dans la formation d'une masse sphéroïde ou discoïde de *cytodes* égaux ou subégaux, les *blastomères*. Bientôt, la *Morula* acquiert généralement une cavité centrale, le *Blastocœle*, et devient une vésicule creuse, le *Blastosphère*, d'où la paroi composée d'une simple couche de cellules et le *Blastoderme*.

Les blastomères du blastoderme ne tardent pas à se différencier en éléments de deux sortes, distincts par leur activité intime, sinon par leur forme extérieure. Les uns constituent l'*Épiblaste*, les autres l'*Hypoblaste*. Les changements qui se produisent ultérieurement dans l'embryon sont les conséquences des tendances qui résident dans les blastomères épiblastiques et hypoblastiques. Chacun de ces blastodermes se comporte comme un germe duquel sortiront certaines parties de l'organisme adulte.

Chaque série des Invertébrés nous fournit un certain nombre d'exemples de modifications de la blastosphère par le procédé d'*invagination* ou *embolie*, d'où le résultat est que l'hypoblaste devient plus ou moins complètement enfermé dans l'épiblaste. L'in-

(1) Huxley, *The anatomy of the Invertebrated animals*, Introd., p. 12.

vagination est suivie de la diminution ou même de la disparition du blastocœle et de la formation d'une cavité inférieure par l'hypoblaste, qui est l'*archenteron* ou cavité intestinale primitive. L'ouverture qui persiste entre les bords rapprochés de l'épiblaste lorsque l'invagination est terminée et par laquelle l'archenteron communique avec l'extérieur est le *blastopore*. Dans cet état, l'embryon est une *gastrula*.

Il arrive très fréquemment que la marche du développement est modifiée par une inégalité dans la dimension des blastomères, inégalité qui peut se montrer soit au moment de la première division de l'œuf, soit plus tard. Il est d'habitude, dans ce cas, que les blastomères les plus petits et qui se divisent le plus rapidement donnent naissance à l'épiblaste, tandis que les plus volumineux, qui se divisent plus lentement, produisent l'hypoblaste. En outre, il ne se forme pas de blastocœle, et le phénomène de l'inclusion de l'hypoblaste dans l'épiblaste peut offrir l'aspect d'un développement du dernier sur le premier, phénomène qui a été désigné sous le nom d'*épibolie;* et l'archenteron peut n'être formé au dedans de l'hypoblaste que très tard.

Lorsque, dans les cas d'épibolie, le blastoderme est petit relativement au vitellus, l'épiblaste et l'hypoblaste, dans les premiers temps de leur formation, s'adaptent nécessairement à la surface du jaune; et ainsi la gastrula, au lieu d'avoir la forme d'une coupe profonde, est plus ou moins aplatie et discoïdale.

Je suis porté à croire que tous les procédés variés par lesquels la gastrula ou ses équivalents sont produits sont réductibles à l'épibolie et à l'embolie. Même lorsque l'épiblaste et l'hypoblaste paraissent être formés par *délamination*, c'est-à-dire par la division en deux couches de cellules d'un blastoderme primitivement formé d'une seule couche, il semble peu douteux que ce qui se produit est, ou bien l'inclusion très primitive des blastomères hypoblastiques en dedans de ceux qui donnent naissance à l'épiblaste, ou bien une invagination très tardive et échappant à l'observation de la région hypoblastique du blastoderme.

Si nous employons le terme gastrula dans le sens étendu défini plus haut, on peut dire avec vérité que tout métazoaire passe par l'état de gastrula dans le cours de son développement. La question de savoir si le mode de développement de la gastrula par embolie est primitif et celui par épibolie secondaire, ou si l'épibolie est primaire et l'embolie secondaire, ou si les deux procédés ont apparu indépendamment l'un de l'autre, est d'une importance secondaire et appartient au terrain discutable de la phylogénie.

La signification de la différenciation de l'agrégat de cytodes qui

compose le corps d'un métazoaire simple en un groupe hypoblastique ou endodermique et un groupe épiblastique ou ectodermique doit être cherchée dans la division physiologique du travail qui est la source première de tous les changements morphologiques. Elle consiste en une séparation de l'agrégat de l'unité morphologique en deux agrégats nouveaux dont l'un a une fonction spécialement nutritive et l'autre une fonction spécialement motrice et protectrice. Il est très possible de concevoir un métazoaire adulte, après la structure d'un embryon d'Eponge, se mouvant par son hémisphère ectodermique et se nourrissant par son hémisphère endodermique.

Le premier pas en avant d'un tel métazoaire consisterait sans aucun doute dans la plus complète extension de la couche productive au-dessus de la couche nutritive, avec une disposition concevable pour faciliter l'accès du milieu jusqu'à la dernière. Il est manifeste que ce progrès peut être accompli par deux procédés, par embolie ou par épibolie. Dans le premier, le blastopore pénétrerait comme ouverture de communication de l'endoderme avec l'extérieur; et le résultat serait la formation d'une gastrula *archæostomatée*, semblable à celle qui est considérée par Hæckel comme la forme primitive des Métazoaires. Dans le second, le blastopore serait complètement formé, et une ou plusieurs ouvertures nouvelles devraient se former dans l'ectoderme, pour permettre l'ingestion des aliments. L'organisme consécutif serait une gastrula *deutérostomatée*.

Il semble sans aucun doute naturel de supposer que le premier procédé a précédé le second, dans l'ordre de l'évolution; mais la preuve qu'il en a été ainsi nous fait actuellement défaut. Quoi qu'il en soit, les progrès de la science semblent rendre de plus en plus douteux les cas de préexistence supposée du blastopore à la bouche. Il est certain que, dans la grande majorité des animaux invertébrés, le blastopore, ou bien devient l'anus, ou bien se ferme; et des observations nouvelles sont nécessaires pour déterminer les limites dans lesquelles les conditions archæostomatées prédominent.

Le blastocœle de la gastrula peut être oblitéré par le rapprochement de l'épiblaste et de l'hypoblaste, ou bien il peut persister et constituer le *périentéron* ou cavité périviscérale primitive.

Les animaux qui, à l'état adulte, représentent le mieux de simples gastrulas avec le blastocœle oblitéré, sont les *Physemaria* et *Hydra*, avec leur corps en forme de coupe muni d'une bouche à une extrémité, et dont les parois sont formées d'un ectoderme et d'un endoderme (1).

(1) Je ne pense pas que les fibres de Kleinenberg, dans l'*Hydra*, représentent réellement un mésoderme, quoiqu'elles en occupent la position.

Dans la grande majorité des Métazoaires, un degré de complication de plus est obtenu par l'apposition entre l'épiblaste et l'hypoblaste des cytodes disposés soit isolément soit en une couche continue; ils constituent le mésoblaste et peuvent être convertis en organes mésodermiques. L'origine de ces cytodes est encore douteuse; mais, dans beaucoup de cas, il paraît à peu près certain qu'ils dérivent de l'hypoblaste.

Le périentéron, plus ou moins interrompu et brisé par la formation du mésoblaste, peut donner naissance directement à l'espace périviscéral ou aux canaux de l'adulte, qui ainsi est un *Schizocœle*. Il est peu douteux, je crois, que la cavité périviscérale se forme de cette manière dans les Rotifères, les Polyzoa entoproctés, les *Echinopædia* des Echinermes, les Tuniques et les Nématoïdes.

D'autre part, dans beaucoup d'Invertébrés, un ou plusieurs diverticulums de l'archentéron s'étendent dans le périentéron et le mésoblaste. Parfois, comme dans les Cælentérés, ces diverticulums restent en communication avec la cavité alimentaire pendant toute la vie et sont désignés sous le nom de canaux gastro-vasculaires. Dans d'autres cas, Echinodermes, Brachiopodes, Chætognathes, ils se séparent de la cavité alimentaire; leurs cavités constituent un *enterocœle* diversement modifié, et leurs parois donnent naissance, avec des éléments mésoblastiques primitifs, au mésoderne.

Il serait intéressant de savoir à laquelle de ces deux sources possibles du mésoderme on doit attribuer les organes mésodermiques des Annélides et Arthropodes qui apparaissent dans l'embryon sous la forme de deux bandes longitudinales et ensuite se segmentent; mais ce problème n'a pas encore été résolu. Il est possible que ces bandes soient les représentants solides des diverticulums, ceux qui dans d'autres animaux donnent naissance à l'entérocœle; dans ces cas, la cavité périviscérale de ces animaux serait un entérocœle virtuel. D'autre part, ces bandes peuvent aussi représenter simplement les cellules du mésoblaste des *Polyzoa* entoproctés et de *Echinæpodia*, et leur cavité viscérale serait alors un schizocœle. Mais il est inutile de pousser plus loin cette question; nous avons suffisamment répété combien un animal invertébré peut différer d'un autre; l'étude du développement prouve que chacun, observé dans ses études embryonnaires, se rapproche des premiers états de tous les autres; ou, en d'autres termes, que tous dérivent d'un type morphologique commun et même, dans leurs divergences les plus grandes, conservent des traces de leur unité primitive.

Il est très important de faire remarquer que ces généralisations

morphologiques sont de simples constatations de faits et n'ont rien de commun avec des spéculations relativement à la manière dont les animaux invertébrés sont arrivés à l'existence. Elles resteraient vraies, parce qu'elles sont exactement conformes à la réalité, même s'il était démontré que chaque espèce animale est parvenue directement et par elle-même à l'existence sans avoir aucune relation avec aucune autre. D'un autre côté, s'il existe d'autres arguments qui puissent nous faire croire à l'évolution, les faits morphologiques non seulement ne sont pas en contradiction avec l'hypothèse de l'évolution des Invertébrés, avec une origine commune pour point de départ, mais encore ils s'adaptent parfaitement à cette hypothèse. De là les nombreuses hypothèses phylogéniques qui ont été émises, et dont on peut dire qu'elles ont toutes une certaine valeur, parce qu'elles suggèrent des recherches nouvelles, mais qu'en même temps elles n'ont pas d'autre importance que celle-là. Je ne désire pas ajouter à ces hypothèses une hypothèse nouvelle; je tiens seulement à faire remarquer que, vu l'absence de toute histoire paléontologique adéquate des Invertébrés, tout essai tenté pour construire leur phylogénie doit être considéré comme une simple spéculation de l'esprit.

Cependant les plus anciennes formations géologiques ne fournissent pas un seul exemple d'un fossile que nous ayons quelque motif de considérer comme le représentant des formes les plus anciennes de l'une ou l'autre série des animaux invertébrés, ni aucun moyen d'imaginer quelle a pu être, par l'évidence de ce qu'elle a été, la première histoire de la vie des Invertébrés sur le globe.

Les indications ne manquent pas que la vaste multitude des Arthropodes, Mollusques, Echinodermes et Zoophytes fossiles maintenant connus, fournira une évidence satisfaisante de la filiation de formes successives, lorsque les recherches des paléontologistes ne seront pas seulement provoquées par le désir de découvrir des témoins géologiques et de multiplier les espèces, mais seront guidées par cette perception de l'importance des faits morphologiques qui seule peut donner une vaste connaissance de l'anatomie et de l'embryologie. Mais, sous ce rapport, la paléontologie des Invertébrés est encore à créer.

HUXLEY (1).

(1) In *The anatomy of the Invertebrated Animals*, 2e édit. Le défaut de place nous oblige à renvoyer à notre prochain numéro la publication de la remarquable introduction qui précède la seconde édition anglaise de cet excellent livre.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences de Paris

Séance du 4 août 1879.

VULPIAN. *Effets sécrétoires et circulatoires produits par la faradisation des nerfs qui traversent la caisse du tympan.* — M. Vulpian rappelle d'abord qu'Heidenhain a montré quels éléments nerveux excito-sécréteurs destinés à la glande parotide proviennent du rameau de Jacobson, et qu'en faradisant ce rameau on détermine une sécrétion abondante de la salive parotidienne, qui s'écoule goutte à goutte, assez rapidement par le tube introduit et fixé dans le canal de Sténon. « On sait, ajoute M. Vulpian, que le rameau de Jacobson pénètre dans la caisse du tympan et qu'un des six filets nerveux qu'il donne, le nerf pétreux profond et externe, va se rendre au nerf petit pétreux superficiel, puis au nerf auriculo-temporal, qui le conduit dans la glande parotide. Ainsi le nerf sécréteur de la glande parotide se trouve, pendant une certaine partie de son trajet, dans la caisse du tympan. D'autre part, la corde du tympan traverse aussi cette même cavité. Il était donc probable que l'on pourrait électriser à la fois, dans la caisse du tympan, la corde du tympan, c'est-à-dire le nerf excito-sécréteur de la glande sous-maxillaire et de la glande sublinguale, et le rameau de Jacobson ou le filet pétreux profond externe, c'est-à-dire le nerf excito-sécréteur de la glande parotide. Cette présomption a été confirmée par des expériences faites sur des chiens curarisés et soumis à la respiration artificielle. On enfonçait par l'oreille externe un excitateur dans la caisse du tympan, on plaçait l'autre sur un point quelconque de la peau de l'animal, et on faisait passer un courant induit saccadé. La suractivité ainsi produite de la sécrétion de la glande parotide et de la glande sous-maxillaire peut être entretenue pendant longtemps par la faradisation ainsi faite des nerfs qui traversent la caisse du tympan. Cette faradisation détermine aussi des phénomènes vaso-dilatateurs très prononcés, non seulement dans les glandes salivaires, mais encore dans la cavité buccale. Au bout de quinze à vingt secondes, on observe une vive congestion de toute la moitié de la langue et du plancher buccal du côté faradisé. L'auteur a constaté aussi que l'excitation du bout périphérique du nerf maxillaire supérieur détermine la congestion des muqueuses nasales, labiales et gingivales du côté excité et une augmentation de la pression sanguine dans l'artère maxillaire. La faradisation du rameau de Jacobson à l'endroit où il est séparé du glossopharyngien détermine la congestion de la muqueuse des lèvres, surtout de l'inférieure, de la joue, des gencives, du plancher buccal et de la moitié de la langue. La faradisation à la base du crâne produit un certain degré de dilatation des vaisseaux de la pie-mère. La faradisation dans la caisse du tympan provoque une congestion très vive des régions de la face indiquées plus haut.

PHIPSON. *Sur la matière colorante du Palmella cruenta.* — L'auteur a étudié

la matière colorante du *Palmella cruenta*, petite algue rouge qui croît très fréquemment sur le pied des murs très humides; il propose de lui donner le nom de *palmelline* et se livre à des considérations sur son analogie avec la matière colorante du sang.

L. Ranvier. *Sur les propriétés vitales des cellules et l'apparition de leurs noyaux après la mort.* — M. Ranvier rappelle que les cellules jouissent de « toutes les propriétés vitales essentielles de l'organisme complet; il expose ensuite le résultat de ses expériences relativement à l'apparition de noyaux dans des cellules mortes, où l'on ne peut pas les voir pendant que ces cellules sont vivantes. » — « Les cellules lymphatiques et les cellules fixes de la cornée ne laissent pas voir les noyaux qu'elles contiennent lorsqu'elles sont vivantes; mais après la mort les noyaux apparaissent. » L'auteur attribue ce fait à ce que pendant la vie la réfringence du contenu cellulaire est la même que celle du noyau; mais, après la mort, « les sucs digestifs emmagasinés dans la cellule, quand elle est vivante, diffusent quand elle est morte et déterminent la digestion des substances organiques qui la composent. On concevra sans peine qu'il en résulte une diminution de réfringence du protoplasma. »

G. et Fr.-E. Hoggan. *Des lymphatiques du périchondre.* — Les auteurs rappellent qu'ils ont énoncé ailleurs un principe d'après lequel « les lymphatiques ne sont propres à aucun tissu spécial, mais sont simplement des canaux d'écoulement appartenant aux surfaces périphériques où s'étalent des réseaux d'origine, tandis que les lymphatiques efférents qui en sortent traversent les parties plus profondes. Le mode de développement des lymphatiques du périchondre chez les petits mammifères leur paraît confirmer l'exactitude de ce principe.

Séance du 11 août 1879.

Ch. Robin. *Sur la production d'électricité par les Raies.* — M. Robin rappelle qu'il a le premier démontré que l'appareil électrique de la queue des Raies, décrit par lui dès 1846, fonctionne comme celui des Torpilles et des Gymnotes. Il a répété récemment ses expériences à Concarneau en employant le procédé dont s'est servi M. Marey dans ses observations sur les Torpilles, c'est-à-dire en étudiant les décharges des appareils électriques à l'aide du son que chaque décharge fait rendre au téléphone. Il a employé pour cela le téléphone construit par M. Bréguet d'après le modèle de Bell. « La plaque métallique terminant l'un des fils de cet instrument est placée sur la queue de la Raie, près de ses deux nageoires caudales; l'autre plaque est placée sur le corps, ou à la base de la queue, ou au niveau du point où une portion de l'appareil électrique, cessant d'être sous-cutanée, est entourée par les muscles de la base de la queue. Le téléphone même est appliqué contre l'oreille de l'observateur. Sur les grosses Raies bien vivantes, convenablement maintenues sur une grande glace reposant sur une table, chaque décharge fait entendre un son strident d'un timbre sourd particulier, tel que M. Marey l'indique dans le travail cité plus haut. Mais, sur les Raies, le petit volume relatif de l'appareil fait que le son a peu d'intensité. On peut en donner une idée exacte en disant qu'il a environ le quart seulement de l'intensité du son rendu par le même

téléphone sous l'influence de la décharge de jeunes Torpilles que j'observais en même temps, et dont le corps n'avait pas une largeur plus grande que celle de la paume de la main. »

Maurice Mendelssohn. *Étude sur l'excitation latente du muscle chez la grenouille et chez l'homme dans l'état sain et dans les maladies.* — L'auteur a étudié « la durée de l'excitation latente du muscle, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre l'instant où le muscle est excité directement et celui où il entre en mouvement. » C'est ce que Helmholtz a désigné sous le nom de temps perdu du muscle. « La durée de l'excitation latente du gastrocnénien chez la grenouille n'est pas constante, et elle est en rapport avec l'élasticité, l'excitabilité et la contractilité des muscles. » Les résultats obtenus chez l'homme concordent assez bien avec ceux obtenus chez la grenouille. « La durée d'excitation latente dans l'état normal n'est pas constante, et n'est en rapport direct ni avec la force musculaire ni avec le volume des muscles. Dans l'état pathologique, elle est en rapport inverse avec l'excitabilité et la contractilité des muscles et dépend surtout des troubles trophiques de ces organes. »

Couty et de Lacerda. *Sur l'action du venin du Bothrops Jararacussu.* — Ce serpent habite le Brésil. Les auteurs ont expérimenté sur des chiens à l'aide du venin obtenu en faisant mordre au serpent du coton cardé qu'on lavait ensuite dans l'eau. Le venin ainsi dilué était injecté dans la veine saphène des chiens. La mort survenait rapidement. Les premiers phénomènes indiquaient une période d'excitation avec des accidents dont la forme était très variable, « comme si, suivant les animaux, le venin localisait son action tantôt dans un appareil et tantôt dans un autre, » puis survenait avant la mort « une période de paralysie complète du myélencéphale, avec résolution des membres, chute de la tension, accélération du cœur et perte des réflexes médullaires, puis sympathiques. »

Arloing. *Causes des modifications imprimées à la température animale par l'éther, le chloroforme et le chloral.* — L'auteur constate d'abord que l'action frigorifique de ces trois agents est à peu près la même. On a invoqué pour expliquer le refroidissement qu'ils produisent : une action sur les centres modérateurs de la calorification, le ralentissement de la circulation, la paralysie des petits vaisseaux, la résolution musculaire, l'affaiblissement des mouvements respiratoires, la diminution de l'oxygénation du sang et les oxydations organiques. L'auteur, tout en reconnaissant que certaines de ces causes sont incontestables, ayant « toujours observé *après l'anesthésie confirmée* une augmentation absolue de la quantité d'oxygène et une diminution absolue de la quantité d'acide carbonique coïncidant avec une diminution de l'acide carbonique dans le sang veineux, » admet que « le ralentissement des combustions organiques, chez les animaux qui ont franchi la période d'excitation de l'anesthésie, est la cause principale, constante du refroidissement. »

Wagner. *Sur la structure des ganglions céphaliques des insectes.* — Les ganglions céphaliques des insectes sont construits sur le même plan que les autres ganglions, c'est-à-dire qu'ils offrent des fibres au centre et des cellules à la périphérie ; mais vers le centre du ganglion se trouvent « trois groupes de petites cellules disposées par étages, l'une au-dessus de l'autre et en communication par de nombreuses fibres. Le groupe situé en avant des autres peut être considéré

comme ayant les rapports les plus intimes avec les circonvolutions (ou les organes en forme de fer à cheval) particulièrement développées chez les Hyménoptères sociaux, les plus intelligents parmi les insectes. Le développement plus ou moins grand de ces parties du système nerveux coïncide avec le développement intellectuel. Ainsi trouvons-nous le plus remarquable développement chez les Fourmis ouvrières, ensuite chez les Abeilles ouvrières, un développement moindre chez les femelles des Fourmis et chez la reine-mère des Abeilles. Ces parties n'existent chez les mâles qu'à l'état rudimentaire... On peut facilement suivre les faisceaux qui vont de la base des ganglions aux circonvolutions. Des côtés des ganglions partent les lobes qui se rendent aux yeux composés. Chez les Faux-Bourdons, où chaque œil occupe près de la moitié de la tête, ces lobes ont un développement énorme. Ils sont de forme ovalaire et constitués, dans la partie médiane, par de courts cylindres disposés en série. Ces cylindres donnent naissance aux fibres qui pénètrent dans la base du cerveau. Dans la partie extérieure des lobes optiques, ces fibres s'entrecroisent et présentent la forme de deux cônes aplatis, tournés par le sommet l'un vers l'autre. De la sorte, les fibres du côté gauche apparaissent sur le côté droit, et les fibres inférieures deviennent supérieures. Chaque fibre, en changeant ainsi de direction, entre dans la constitution du nerf optique qui se porte à chacun des yeux, formant l'ensemble des yeux composés. L'entrecroisement des fibres n'existe pas ici entre les deux yeux opposés, comme dans le chiasma des vertébrés, mais entre les yeux du même côté de la tête. Une organisation semblable détermine très probablement une coïncidence parfaite entre toutes les impressions optiques reçues isolément pour chaque œil.

« Pour obtenir les préparations qui m'ont donné ces résultats, j'ai extrait les cerveaux des insectes, je les ai durcis au moyen du liquide de Betz (mélange en proportions égales d'éther sulfurique et de chloroforme), et j'en ai fait des coupes minces. »

Séance du 18 août 1879.

Vulpian et Journiac. *Sur les effets sécrétoires produits par la faradisation de la caisse du tympan.* — Les auteurs ont constaté que quand on faradise la caisse du tympan chez le lapin curarisé et soumis à la respiration artificielle, « l'œil du côté correspondant se couvre d'une certaine quantité de fluide lacrymal, puis on voit sourdre dans l'angle interne de l'œil un liquide aussi blanc que du lait. » Ce liquide doit sa coloration laiteuse à ce qu'il tient en suspension un grand nombre de gouttelettes de graisse; il provient de la glande de Harder.

Séance du 25 août 1879.

Ad. Wurtz et E. Bouchut. *Sur le ferment digestif du Carica Papaya.* — Les auteurs ont expérimenté avec du suc venu d'Amérique et conservé pur, grâce à la précaution de l'expédier mélangé avec de l'eau sucrée ou de la glycérine et aromatisé avec quelques gouttes d'essence de menthe. Dans cet état, il était épais, aiteux, sans aucune odeur accusant une fermentation. « Mis en contact avec la

viande crue, la fibrine, le blanc d'œuf cuit, le gluten, il les a attaqués et ramollis au bout de quelques instants et a fini par les dissoudre après une digestion de quelques heures à 40°. Le lait est coagulé d'abord, et la caséine précipitée se dissout ensuite. Des fausses membranes du croup retirées par la trachéotomie, des helminthes, tels que ascarides et tœnias, sont attaqués et digérés en quelques heures. Nul doute que ce suc ne renferme un ferment digestif analogue à celui que sécrètent les plantes carnivores, *Nepentes*, *Drosera*, *Darlingtonia*, sur lesquelles MM. Darwin et Hooker ont attiré l'attention. On sait que MM. Gorup-Besanez et Will ont retiré de ce suc une sorte de pepsine végétale. »

Les auteurs ont à leur tour retiré du suc du *Carica Papaya* un ferment digestif auquel ils donnent le nom de *papaine*, avec lequel ils ont pu obtenir la transformation de la fibrine en peptone, c'est-à-dire sa digestion complète.

Ibrahim Mustapha. *Sur le principe actif de l'Ammi Visnaga.* — L'auteur a retiré de cette plante, connue en Egypte sous le nom de *Kell*, « une matière cristallisée qui, avec la liqueur cupropotassique, s'est comportée comme un glucoside » et qui est vomitive et narcotique. Il propose pour ce glucoside le nom de *kelline.*

Arloing. *Sur un nouveau mode d'administration de l'éther, du chloroforme et du chloral à la Sensitive ; application à la détermination de la vitesse des liquides dans cette plante.* — L'auteur arrose la terre dans laquelle pousse la Sensitive avec des solutions d'éther, de chloroforme, de chloral. Il conclut de ses expériences que le chloral n'agit pas comme anesthésique sur la Sensitive, que le chloroforme et l'éther agissent sur la Sensitive comme sur les animaux, qu'on les fasse pénétrer par les feuilles ou par les racines. « Les mouvements qui se produisent dans une Sensitive arrosée avec de l'eau chloroformée permettent de déterminer la vitesse d'ascension du liquide dans des conditions absolument physiologiques. Si toutes les feuilles sont en bon état, les pétioles communs s'abaissent brusquement et successivement de bas en haut, marquant chaque étape, au fur et à mesure que le chloroforme absorbé par les racines parvient, ainsi que nous nous en sommes assuré par une recherche chimique, à leur insertion. »

Galtier. *Etudes sur la rage.* — L'auteur déduit de ses expériences les conclusions suivantes : La rage du chien est transmissible au lapin. La rage du lapin est transmissible aux animaux de son espèce. Les symptômes qui prédominent chez le lapin enragé sont la paralysie et les convulsions. Chez le lapin, la période d'incubation est plus courte que chez les autres animaux. Après que la maladie s'est déclarée, il peut vivre de quelques heures à trois et même quatre jours. L'acide salicylique en injections hypodermiques n'empêche pas le développement de la rage chez le lapin inoculé. La salive du chien enragé, recueillie sur l'animal vivant et conservée dans l'eau, est encore virulente cinq heures, quatorze heures, vingt-quatre heures après.

D'Arsonval. *Recherches sur la chaleur animale.* — « La chaleur animale peut être étudiée à deux points de vue essentiellement différents, suivant que l'on en considère la production ou bien la répartition. La mesure des quantités de chaleur produites par un être vivant constitue la calorimétrie proprement dite. La thermométrie normale ou pathologique ne s'occupe que de la répartition de la température. Le thermomètre ne peut indiquer qu'une température locale. Depuis

que Claude Bernard a découvert les nerfs vaso-moteurs, nous savons que la vitesse de la circulation varie incessamment dans chaque organe. Si donc le thermomètre indique une variation de température en un point quelconque du corps, cette variation peut tenir aussi bien à une variation dans la production qu'à un changement dans la répartition de la chaleur. C'est ce qui arrive pour l'oreille du lapin après la section du grand sympathique dans la célèbre expérience de Claude Bernard : l'oreille s'échauffe considérablement. Or le professeur Brown-Séquard objecta le premier que cet échauffement était la conséquence immédiate de la dilatation vasculaire. Cette objection conserve encore sa valeur. La calorimétrie permettrait seule de juger si la production de la chaleur est augmentée, si en un mot il existe des nerfs directement calorifiques, comme le croyait mon illustre maître. La calorimétrie doit donc scientifiquement précéder la thermométrie. Les méthodes calorimétriques ordinaires ne sont pas applicables aux recherches physiologiques. Elles ne permettent toutes qu'une observation momentanée. J'ai cherché à corriger ce défaut, et la méthode que j'emploie permet de suivre chez les êtres vivants la production de chaleur pendant des jours, pendant des semaines entières, en maintenant les animaux dans les conditions physiologiques pendant toute la durée des expériences. Grâce à la méthode graphique, à laquelle M. Marey a donné une si grande extension en physiologie, j'ai pu faire plus : non-seulement je mesure la chaleur dégagée par les êtres vivants pendant des jours entiers, mais, de plus, j'ai à chaque instant l'inscription automatique des phases de ce dégagement. Voici, en quelques mots, en quoi consiste ma méthode, qui sera exposée longuement dans les travaux du laboratoire de M. le professeur Marey : 1° Le calorimètre est astreint à rester à une température fixe. 2° Il est dans une enceinte à la même température que lui et également fixe. Ainsi se trouvent éliminées toutes les causes d'erreur provenant du rayonnement. La chaleur produite dans le calorimètre lui est à chaque instant enlevée par un courant d'eau à zéro dont l'écoulement est réglé automatiquement par le calorimètre lui-même, à l'aide d'un mécanisme très simple que je ne peux décrire ici. Quant à l'enceinte à température constante, elle est construite d'après les principes que j'ai fait connaître dans une Note du 5 mars 1877. Le même principe sert au réglage du calorimètre. C'est ce que j'ai appelé la *méthode de régulation directe*. On comprend que l'eau qui entre à zéro dans le calorimètre et qui en ressort à la températuse n gagne dans ce passage n calories par litre. En écrivant sur un cylindre animé d'un mouvement continu les phases de cet écoulement, j'ai par cela même la quantité de chaleur produite par l'animal en expérience et les phases de cette production. La méthode est un peu modifiée suivant qu'on a à mesurer des absorptions de chaleur, des productions, ou les deux à la fois. Le principe dans tous les cas reste le même. 1° Le calorimètre est dans une enceinte à température constante. 2° Il règle automatiquement sa propre température, qui reste toujours invariable. »

Fr. Frank. *Recherches sur le rôle des filets nerveux contenus dans l'anastomose qui existe entre le nerf laryngé supérieur et le nerf laryngé récurrent.* — MM. Philipeaux et Vulpian ont constaté l'intégrité de l'anastomose de Galien après la section du nerf récurrent ou du pneumogastrique lui-même au-dessous du nerf laryngé supérieur; ils ont noté la présence d'un fascicule nerveux intact au milieu

des tubes dégénérés du récurrent et ont conclu de leurs recherches que « le filet anastomotique qui unit le nerf laryngé supérieur au nerf récurrent provient exclusivement du premier de ces nerfs. » Depuis cette époque, M. Schiff a émis l'opinion que la plus grande partie des nerfs accélérateurs du cœur passent du pneumogastrique dans le laryngé supérieur et de ce dernier nerf dans le récurrent par l'anastomose de Galien. Le résultat des expériences de MM. Philipeaux et Vulpian pouvait donc sembler favorable à l'opinion de M. Schiff. J'ai fait de mon côté des recherches anatomiques et expérimentales sur cette question, et je suis arrivé aux conclusions suivantes : 1° l'anastomose de Galien n'est en effet qu'une branche du nerf laryngé supérieur; 2° la présence de fibres accélératrices du cœur n'est directement démontrable ni dans le nerf laryngé supérieur, ni dans l'anastomose de Galien, ni dans le nerf récurrent ; 3° l'anastomose de Galien renferme des filets sensibles remontant du récurrent dans le laryngé supérieur et provenant surtout de la muqueuse de la trachée et de celle des grosses bronches.

Séance du 1er septembre 1879.

ED. BRANDT. *Recherches anatomiques et morphologiques sur le système nerveux des insectes.* — L'auteur a fait porter ses recherches sur 1032 espèces appartenant aux différents ordres d'insectes, et il a étudié les métamorphoses du système nerveux de cinquante espèces. Il présente les résultats principaux suivants :

1° Quelques insectes n'ont pas de ganglion sous-œsophagien séparé (genres *Rhizotrogus*, *Stylops*, *Hydrometra*), ce qui est contradictoire avec l'opinion admise généralement que la présence chez les insectes d'un ganglion sous-œsophagien distinct des autres ganglions thoraciques distingue les insectes des autres Arthropodes.

2° Les corps pédonculés de Dujardin ou les circonvolutions du cerveau existent chez tous les insectes à un état de développement plus ou moins considérable.

3° Chez quelques insectes, le degré de développement de ces circonvolutions varie dans une même espèce, par exemple chez les Hyménoptères sociaux (l'Abeille, la Guêpe, la Fourmi); mais l'assertion de M. Wagner que chez l'Abeille les mâles en sont dépourvus est fausse; celles des mâles sont simplement moins développées que celles des femelles et des ouvrières.

4° En général, le développement du cerveau tout entier (ganglion sus-œsophagien) n'est pas en rapport avec le degré de développement des instincts et des mœurs; mais il en est ainsi des *hémisphères*.

5° Les nerfs de la lèvre supérieure ne sortent pas de la face inférieure du ganglion sus-œsophagien, comme on l'a admis jusqu'à ce jour ; on peut poursuivre leur origine dans le collier pharyngien.

6° Chez les insectes qui ont deux ganglions thoraciques, deux cas se présentent : chez les Lépidoptères, les Coléoptères, les Hyménoptères, les Nevroptères, le premier ganglion est simple et correspond au premier ganglion de la larve, le second est composé et résulte de la fusion de deux ou trois ganglions thoraciques de la larve avec un ou deux ganglions de l'abdomen. Chez d'autres

Insectes (*Empis*, *Thereva*, *Asilus*, *Bombilius*, etc.), le premier ganglion résulte de la fusion du premier et du second ganglion thoracique de la larve.

7° Le nombre des ganglions varie chez les différentes espèces et même chez les différents individus d'une même espèce. L'ouvrière de l'Abeille a cinq ganglions abdominaux, tandis que le mâle et la reine n'en ont que quatre; la Guêpe ouvrière a cinq ganglions, tandis que la reine et le mâle en ont six.

8° On a pensé jusqu'à ce jour que c'est toujours le dernier ganglion abdominal qui est complexe ; cependant l'avant-dernier ganglion abdominal résulte aussi souvent de la fusion de plusieurs, tandis que le dernier est simple (Abeille ouvrière, les *Mutilla*, etc.).

9° Chez quelques Insectes, il existe dans le thorax un système nerveux sympathique dont la constitution correspond à celle de l'abdomen chez ces Insectes.

10° La transformation du système nerveux a lieu suivant deux types : tantôt il se raccourcit, et le nombre des ganglions se réduit chez l'adulte (Hyménoptères, Coléoptères, Lépidoptères, etc.); tantôt chez la larve il n'y a qu'une seule masse centrale au thorax (outre le ganglion sus-œsophagien), et cette masse se décompose en un mode variable d'autres (*Volucella*, *Eristalis*, *Stratiomys*, etc.).

11° Dans les Hémiptères, qui ont un seul ganglion thoracique, ce ganglion correspond aux derniers ganglions et à tous les ganglions abdominaux de la larve; le premier est toujours confondu avec le ganglion sus-œsophagien (*Acanthia*, *Wepa*, *Notonceta*, etc.).

12° Les Lépidoptères ont tantôt deux, tantôt trois ganglions thoraciques ; mais ils ont toujours seulement *quatre* ganglions abdominaux, contrairement à ce que disent la plupart des ouvrages classiques, qui en indiquent cinq.

Arloing. *Sur les effets physiologiques du formiate de soude.* — L'auteur conclut de ses expériences que le formiate de soude injecté dans les veines ralentit d'abord les mouvements du cœur et fait tomber la pression artérielle ; puis, si la dose est plus forte, il accélère les mouvements du cœur, en même temps qu'il diminue leur énergie et finit par arrêter les contractions cardiaques. Les doses faibles augmentent le nombre et l'amplitude des mouvements respiratoires, tandis que les doses fortes accélèrent les mouvements en diminuant leur amplitude. Il abaisse la température. Le formiate de soude pourra être employé dans les mêmes cas que le salicylate de soude.

J. Kunckel. *Recherches morphologiques et zoologiques sur le système nerveux des Insectes Diptères.* — L'auteur pense avec Cuvier et M. Blanchard que le système nerveux doit chez les Insectes jouer un rôle prépondérant dans la classification. Il a étudié surtout le système nerveux des Diptères. Il a constaté que « dans cinq familles, pendant la transformation en nymphe, il y a allongement de la chaîne nerveuse de la larve, disjonction des ganglions primitivement réunis et rejet de plusieurs d'entre eux dans l'abdomen de l'adulte. »

D'après l'évolution du système nerveux, les Diptères peuvent être divisés en trois groupes : 1° ceux dont les ganglions se fusionnent pendant le passage à l'état de nymphe : Tipulides, Mycétophélides, Culicides, Chironomides, Bibionides, Asilides, Leptides, etc., en un mot les anciens Némocères; 2° ceux dont les ganglions se séparent les uns des autres pendant la métamorphose, de telle

sorte que certains d'entre eux sont rejetés dans l'abdomen : Stratiomydes, Tabanides, Syrphides, Conopides, certaines Muscides acalyptrées, comme les Sepsines, les Platystomines ; 3° ceux dont les ganglions thoraciques et abdominaux restent confondus comme dans les larves : Muscides calyptérées, Œstrides, Hippoboscides, Nyctéribides. Chez tous les Diptères, les ganglions sont distincts et nettement séparés dans l'embryon. Dans les larves du premier groupe, ils restent distincts ; dans les larves des autres groupes, ils tendent toujours à se rapprocher davantage à mesure de l'accroissement. Dans les nymphes du deuxième groupe, les centres nerveux, d'abord réunis, se séparent de nouveau; dans les nymphes du troisième groupe, ils restent groupés en une seule masse.

Treub. *Sur la pluralité des noyaux dans certaines cellules végétales.* — On considère comme rare la présence de plusieurs noyaux dans les cellules végétales. L'auteur a constaté ce fait dans beaucoup de laticifères d'Euphorbiacées, Asclépiadacées, Apocynées et dans les fibres libériennes de plusieurs plantes. Il a constaté que ces noyaux se divisent suivant les procédés indiqués par Strasburger, tandis que Van Beneden pense que chez les animaux, lorsque les cellules ont plusieurs noyaux, ces derniers se bornent à se fragmenter.

Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux.

Séance du 15 mai.

M. Raulin, *Sur la géologie de la partie orientale de l'Alava et le sondage artésien de Vitoria.* — L'Alava, une des trois provinces basques, est en très grande partie située entre la crête de la chaîne cantabrique au nord et l'Ebre au sud ; dans les deux tiers orientaux, à l'est du Rio Bayas, il comprend : 1° dans sa partie septentrionale, la plaine ondulée de Vitoria, limitée au nord par la chaîne cantabrique, Sierra de San Adrian et de Elguea et massif de Gorbea (1531 m.), et au sud par la Sierra de Encia et Orbassa prolongée à l'ouest par les Montes de Vitoria; 2° dans sa partie méridionale, un pays plus accidenté formant dans l'ouest le comté de Trévigno, limité au sud par la Sierra de Tologno. Celle-ci limite au nord la Rioja ou pays de l'Ebre, dans lequel seul existent des vignobles.

La chaîne cantabrique et la plaine de Vitoria sont formées par le terrain crétacé comprenant, à la partie inférieure, un grand système de schistes et de grès; à la partie moyenne, une assise de calcaire compacte noirâtre d'environ 150 mètres d'épaisseur, avec traces de fossiles; à la partie supérieure, sur une épaisseur de plus de 300 m., un système de marnes plus ou moins schistoïdes et tendres, grises, avec lits calcaires, renfermant dans ses parties supérieures, à Aronguiz, au nord-ouest de Vitoria, les fossiles de la craie de Teras, près de Dax ; les *Micraster cortestudinarium*, *Holaster* voisin du *Subglobosus*, *Ananchites gibba*, *Pecten quinquecostatus*, etc.

Les Montes de Vitoria sont formés par ce système marneux couronné par

le terrain nummulitique formé de sables et de grès jaunes avec des assises calcaires et suivi par une assise épaisse de poudingue calcaire, le tout s'abaissant pour former le comté de Trévigno et se relevant ensuite vers la Sierra de Tologno, qui doit être constituée par les parties inférieures et moyennes du terrain crétacé; car la grande assise calcaire renferme dans son prolongement les gorges célèbres de Pancorbo. Dans la partie australe et la plus basse du Trévigno se trouvent des marnes et calcaires d'eau douce appartenant sans doute au terrain miocène, ainsi que les grès des environs de Miranda, qui donnent la pierre de construction tendre de Vitoria.

Au point de vue des sondages artésiens, dans le comté de Trévigno, le terrain nummulitique va en se relevant au nord dans les Montes de Vitoria et au sud vers la Sierra de Tologno; des puits artésiens y seraient sans doute faciles et peu profonds, car leur alimentation proviendrait des eaux que les sables nummulitiques doivent renfermer à leur base, au-dessus des marnes crétacées.

Dans le bassin de Vitoria, les diverses assises du terrain crétacé vont en se relevant à partir de Vitoria vers le nord et vers le sud et aussi vers l'ouest. La ville est ainsi placée au-dessus d'un bas-fond des assises, très favorable à l'établissement d'un puits artésien. Le sondage que M. G. de Lopidana a fait commencer il y a dix-huit mois a traversé tout le système marneux, et à partir de 375 m. environ il est entré dans la grande assise calcaire, dans laquelle il est encore aujourd'hui à 507 m. de profondeur.

Il était peu probable de rencontrer une nappe d'eau jaillissante dans l'épaisseur du système marneux supérieur, qui ne renferme pas d'assises sableuses; mais on aurait pu en rencontrer une au-dessous, si l'on était tombé sur une des grandes fentes qui doivent sillonner les calcaires et dans lesquelles les eaux doivent circuler abondamment. Malheureusement, on est entré dans le calcaire massif, et ce n'est qu'après qu'il sera entièrement traversé que l'on arrivera dans les schistes et grès qui doivent être imprégnés d'eau et renfermer plus d'une nappe.

Dans l'état actuel des travaux et après une traversée de plus de 130 m. dans les calcaires, il y a lieu de croire que les trois quarts, si ce n'est beaucoup plus, de l'épaisseur de l'assise, sont traversés, et ce serait, à l'avis de M. Raulin, faire acte de folie de ne pas continuer de manière à pénétrer d'un certain nombre de mètres dans les couches inférieures, qui sont incontestablement horizontales aussi et dans lesquelles les eaux ne peuvent manquer de se trouver.

Séance du 29 mai.

M. Badal présente à la Société *l'optomètre* à l'aide duquel il a résolu le problème de la mesure simultanée de la réfraction et de l'acuité visuelle par une méthode autre que celle de Donders.

Les inconvénients de la méthode de Donders consistent dans la nécessité d'avoir à sa disposition une salle de 5 ou 6 m. de longueur convenablement éclairée, de prendre beaucoup de temps, puisqu'il faut trouver empiriquement et comme à tâtons celui des nombreux verres de la boîte d'essai qui corrige le mieux la réfrac-

tion. D'un autre côté, les échelles typographiques que doit lire la personne examinée noircissent avec le temps, et les caractères qui les composent ne tardent pas à devenir moins lisibles. — C'est pourquoi on a cherché de tout temps à substituer à l'emploi de la collection des lentilles d'essai des instruments nommés *optomètres*, destinés à conduire plus simplement, avec moins de causes d'erreurs et d'une façon presque mécanique, à la détermination du numéro des verres de lunettes.

Les optomètres qui ont précédé celui de M. Badal permettaient bien la mesure de la réfraction visuelle, mais ils ne pouvaient donner la mesure de l'acuité. Aussi préférait-on recourir à la méthode de Donders, laquelle donne *simultanément* la mesure de la réfraction et celle de l'acuité.

Séance du 12 juin.

M. Pérez, *Des effets du parasitisme des Stylops sur les Apiaires du g. Andrena.* — Il est à remarquer d'abord que certaines espèces de ces Abeilles sont constamment porteuses d'un parasite. En examinant de près ces espèces, l'auteur a reconnu qu'elles ne sont que des formes anormales d'autres espèces, ce qui l'a conduit à étudier les modifications anatomiques qui, chez l'Abeille, sont corrélatives de la présence du parasite.

En général, une Andrène stylopisée a la tête plus petite qu'un individu normal de même espèce, l'abdomen plus globubeux, le tégument de ce dernier organe parfois décoloré, sa ponctuation moins marquée, sa villosité plus abondante et plus longue sur les derniers segments, et présentant une tendance marquée à prendre, vers l'extrémité, une teinte d'un roux doré, chez les espèces où les poils de cette partie sont fauves ou même bruns. Enfin, ce qui est plus remarquable, la femelle a les pattes postérieures plus grêles, leur brosse plus ou moins réduite, parfois nulle, et, dans les espèces dont le mâle a la face blanche ou jaune, la femelle acquiert des taches de cette couleur; l'aiguillon lui-même devient plus petit. Par contre, le mâle perd quelquefois la coloration propre de sa face et devient ainsi plus semblable à la femelle. Chacun des sexes perd ainsi plus ou moins les attributs qui le caractérisent et tend à acquérir plus ou moins ceux du sexe opposé.

Il faut ajouter qu'une femelle stylopisée ne se voit jamais portant du pollen aux pattes postérieures ; elle butine sur les fleurs, mais seulement pour se nourrir, non pour récolter. Elle paraît donc destituée de la fonction reproductrice, comme elle est privée de certains caractères qui en sont les signes extérieurs.

Il était naturel d'induire de ces faits que le *Stylops*, par sa présence, amène l'atrophie des organes génitaux internes. Quelques-uns des auteurs qui se sont occupés de parasites ont, en effet, signalé en passant l'atrophie des organes génitaux de leur hôte. Mais ces données sont fort vagues, et il était nécessaire de les contrôler. M. Perez a reconnu que, chez une Andrène femelle stylopisée, les tubes ovariens sont complètement arrêtés dans leur développement, et les œufs n'y achèvent jamais leur évolution normale. La femelle stylopisée est inapte à se repro-

duire. Chez le mâle, l'atrophie ne frappe ordinairement que le testicule du côté où se trouve le parasite ; les cellules spermatiques se segmentent, mais sans produire de spermatozoïdes. Mais le testicule du côté opposé atteint son volume normal et se voit distendu par une grande quantité de sperme. Le mâle stylopisé peut donc encore s'accoupler efficacement ; la femelle stylopisée probablement ne s'accouple jamais ; en tout cas, elle ne saurait pondre des œufs fertiles.

Cette atrophie des organes génitaux est un simple arrêt de développement et paraît être surtout un effet de la pression due à la présence du parasite, dont le corps remplit presque entièrement l'abdomen.

M. Blarez présente un appareil, construit sous sa direction, propre au dosage rapide de l'urée contenue dans l'urine. Le principe de la méthode consiste à décomposer l'urée par l'hypobromite de soude et à mesurer le volume d'azote produit :

$$COH^4Az^2 + 3(NaOBrO) = 3NaBr + CO^2 + 2H^2O + Az^2.$$

L'hypobromite de soude se prépare en versant 5 centimètres cubes de brome dans 60 centimètres cubes de lessive de soude caustique et 160 centimètres cubes d'eau.

L'appareil lui-même est formé d'un ballon, dans lequel doit se produire à froid la réaction, bouché par une pipette-pompe jaugée à 2 c. c. 600, et d'un manomètre mesureur à deux branches, l'une large et graduée, l'autre étroite. Pour faire une analyse, on introduit dans le ballon 10 centimètres cubes d'hypobromite, puis on le bouche avec la pipette-pompe chargée de 2 c. c. 600 d'urine; on adapte la tubulure du ballon au manomètre préalablement rempli d'eau. On fait ensuite tomber l'urine, et on agite. L'azote produit chasse l'eau du manomètre, et il ne reste plus qu'à mesurer son volume, après avoir ramené la pression à celle de l'atmosphère en faisant écouler une partie de l'eau du manomètre.

L'instrument est gradué de manière que le nombre de centimètres cubes d'azote représente en grammes la quantité d'urée contenue dans un litre d'urine.

Séance du 26 juin.

M. Bayssellance annonce qu'à l'exemple de ce qui a été fait à Saint-Pierre (Genève), et dans le but de diminuer la sonorité de la salle de réunion du conseil municipal, il a fait disposer dans la région supérieure de cette pièce un réseau de quelques fils de laine. L'expérience a montré que cette trame, très légère et presque invisible, avait atténué dans une très large proportion les réflexions du son, si gênantes pour les orateurs.

Séance du 10 juillet.

M. Baudrimont communique des observations sur l'évaporation de l'eau sous l'influence de la radiation solaire ayant traversé des verres colorés. Des vases tarés pleins d'eau étaient placés dans les compartiments d'une petite serre dont les pa-

rois transparentes étaient formées respectivement de verres rouge, orangé, jaune, vert, bleu, violet incolore. L'évaporation était déterminée par la perte de poids de ces vases.

En faisant varier les conditions de l'expérience, M. Baudrimont a trouvé que les verres colorés exercent une influence réelle sur l'évaporation de l'eau et que la quantité de cette dernière varie avec la nature des couleurs. Le vert et le rouge sont en général les couleurs qui ont le moins favorisé l'évaporation ; ils ont alterné au point de vue de leur activité relative. Le verre jaune et le verre incolore sont ceux, au contraire, qui l'ont le plus favorisé.

L'eau du bassin d'Arcachon a présenté ce cas singulier que le verre incolore a été à peine plus actif que le verre vert et que le verre rouge l'a dépassé d'une manière notable.

Si l'on compare l'intensité relative de la lumière selon la spécialité des couleurs, on voit que le verre rouge, qui détermine une faible évaporation de l'eau, est celui dont la couleur est éteinte par la moindre épaisseur photométrique, et que le jaune et le verre incolore sont ceux qui laissent passer le plus de lumière et qui, finalement, ont produit la plus grande évaporation de l'eau. Quant au vert, qui a souvent été inférieur au rouge pour produire ce phénomène, il est supérieur au rouge par la quantité de lumière qui le traverse.

M. Lespiault cite une erreur du *Journal de Flammarion* relative à la direction que doit suivre un boulet lancé de bas en haut par un canon exactement vertical. D'après l'auteur de l'article, le boulet devrait retomber dans la gueule du canon, et si, dans une expérience faite à Strasbourg, le boulet est tombé à 200 mètres de la pièce, cela tient à ce que le canon n'était pas vertical. M. Lespiault rappelle que le problème a été traité par Dalembert dans toute sa généralité, et démontre, par un raisonnement élémentaire, que, par suite du mouvement de la terre, le boulet doit toujours retomber loin de son point de départ.

M. Schrader père montre dans un long tube de verre des bouts de racines de vigne sur lesquels de nombreux groupes de phylloxéras se trouvent conservés d'après un système qui lui permet de les observer avec facilité durant les phases de leur développement, et même d'une année à l'autre. A cet effet, les racines, nettement coupées, sont mises en contact par l'un des bouts avec une éponge placée sur le bouchon qui ferme le fond du tube et tenue constamment mouillée à l'aide d'une mèche également en éponge, qui, en traversant le bouchon, plonge dans un vase contenant de l'eau, lequel vase sert de support au tube et le maintient debout. Par ce procédé, les racines et leurs parasites se trouvent toujours dans un milieu saturé d'humidité à toute température ; et, bien que ce milieu soit de l'air, il permet à ces derniers d'y vivre et de s'y multiplier sur les racines comme dans la terre. Pour éviter enfin que cet air ne se corrompe et pour empêcher les insectes de sortir, il suffit de couvrir le haut du tube d'un linge fin, lié autour par un anneau de caoutchoue.

Ce qui a particulièrement engagé M. Schrader à faire sa communication, c'est que, dans le tube qu'il présente à la Société, deux pousses vertes se sont accidentellement développées, l'une montrant déjà des petites feuilles bien formées, pendant que l'autre est à peine sortie de la bourre. Or chacune de ces pousses a été

envahie, dès son apparition, par des insectes nouvellement éclos, qui sont allés se fixer sur la tige en divers points. La première pousse en contient plusieurs qui, parvenus à l'état adulte, commencent à s'entourer d'œufs, en sorte que, dans quelques jours, une nouvelle génération pourra être suivie pour voir si, elle aussi, préférera se nourrir sur les parties vertes plutôt que sur les racines. Jusqu'ici, aucun phylloxéra ne s'est attaché sur les jeunes feuilles, et par conséquent celles-ci n'ont point encore de galles, ce qui du reste pourrait être attribué à ce que le cépage des racines employées, qui est du Malbec, ne se prête pas à la formation des galles. Mais dores et déjà cette expérience peut fournir une preuve évidente que les phylloxéras vivant sur les racines peuvent aussi bien, dans certains cas favorables, se développer et se multiplier sur des parties vertes de la vigne, et notamment sur des tiges très tendres.

M. Millardet rappelle que ce dernier fait a été observé déjà par M. Balbiani et que, pour lui-même, il a réussi à développer des nodosités sur les racines avec le phylloxera des feuilles.

Le propriétaire-gérant, O. Doin.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Travaux publiés par M. Albert Kölliker

Professeur à l'Université de Wurzburg.

1839. Verzeichniss der Phanerogamischen Gewächse des Kantons Zürich; Zurich, 1839, 8, XXV, 154 p. (7/12) Th.
1841. Ueber das Wesen der sogenannten Saamenthere. *Froriep. Notizen*, XIX, 1841, col. 4-8.
1843. Observations pour servir à l'histoire des organes sexuels et du liquide séminal des crustacés et des cirrhipèdes; in *Ann. Sci. Nat.*, XIX, 1843 (*Zool.*), p. 335-350, pl. 9.
1843. Observationes de prima insectorum genesi, adjecta articulatorum evolutionis cum vertebratorum comparatione. I. Chironomus zonatus. Schrank. — II. Chironomus. — III. Simulia canescens. Br. — IV. Donacia crassipes? — Articulatorum evolutio cum vertebratorum evolutione comparata. Thèse (Turici, Meyer et Zeller, 1842, 31 p., 3 pl. in-4°, br.). *Ann. Sci. Nat.*, XX, 1843 (*Zool.*), p. 253-284, pl. X, XI, XII. A.
1843. Ueber die Randkörper der Quallen, Polypen und Strahlthiere; *Froriep. Notizen*, XXV, 1843, col. 81-84.
1843. Ueber das Gehörorgan der Mollusken; *Froriep. Notizen*, XXV, 1843, col. 133-134.
1843. Geruchsorgane der cephalopoden; in *Froriep. Notizen*, XXVI, 1843, col. 166-167.
1843. Furchungen und Seamenfaden bei einem Räderthiere; in *Froriep. Notizen*, XXVIII, 1843, col. 17-20.
1843. Ueber das Geruchsorgam von Amphioxus; *Müller Archiv*, 1843, p. 32-35, pl. II, fig. 5.
1843. Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der wirbelloser Thiere.
1. Ueber die ersten Vorgänge im Befruchtaten Ei, p. 68.
2. Cuculanus elegans, p. 85.
3. Botrigocephalus ? Salmonis umblæ, p. 91.
4. Distoma torticolle Rud, p. 99.
5. Ascaris nigrovenosa, accuminata, succisa, p. 101; *Müller Archiv*, 1843, p. 68-141, pl. 6-7.

1844. Ueber die Entwicklung der Thiere; *Froriep. Notizen*, XXX, 1844, p. 228-229.
1844. Die selbständigkeit u. abhängigkeit des sympatischen Nervensystems, durch anatom. Beobachtgn. beweisen. Ein acad. Progr. (Thèse). Zurich, 1844 (Meyer et Zeller), grand in-4°.
1844. Entwickelungsgeschichte der Cephalopoden :

I. — Zehnfüssler.

Sepia officinalis und Eoligo sagittata.

1. Entwickelung. des Eies bis zum Beginne der Furchung, p. 1.
2. Die Furchungen der Eier und die Bildung des Keimes, p. 17.
3. Bildung der arsten organe des Embryos bis zur abschnürung desselben vom Dotter und Entstehung des Dottersackes, p. 41.
4. Von der abschnürung des Embryos von dem Dottersacke bis zu seiner Enthüllung, p. 65.

II. — Achtfüssler.

Argonauta Argo, Tremoctopus violaceus.

Rückblick auf die morphologische Entwickelung der Cephalopoden, p. 166. Zurich (Meyer et Zeller), 1844, 1 vol. in-4°, p. 180, pl. 6.

1844. Drei neue Gattungen von Würmen, Lineola, Chloraima, Polycystis; und mehrere neue arten der Gattung Nemertes.
Lineola, p. 86 :
1. Lineola Sieboldii, n. sp., p. 88.
2. — rosea, n. sp., p. 88.
3. — obtuso-caudata, n. sp., p. 88.

Nemertes, p. 89 :
1. Nemertes Knochii, n. sp., p. 91.
2. — roseus, n. sp., p. 92.

3. Nemertes Ehrenbergii, n. sp., p. 92.
4. — multioculatus, n. sp., p. 92.
5. — cartinophilos, n. sp., p. 93.
6. — superbus, n. sp., p. 94.
7. — complanatus, n. sp., p. 94.
8. — annulatus (Köll.), p. 94.
9. — delineatus (Köll.), p. 95.
10. — glaucus, n. sp., p. 95.
Chloraima, p. 95.
Chloraima siculum, n. sp., p. 95.
Polycystis, p. 96.
Polycistis Nægelii, n. sp., p. 97; Chur (*Schweizer Gesells.*: *Verhandl.*, 1844, p. 86-98).

1844. Ueber Samenfäden; Chur. (*Schweizer Gesell. Verh.*, 1844, p. 322-324).

1845. Ueber die Gesetze, nach welchen die Samenfäden sich bilden; *Froriep. Notizen*, XXXVI, 1845, col. 289-290.

1845. Ueber Flimmerbewegung in den Primordialnieren; *Müller Archiv*, 1845, p. 518-523.

1845. Some observations upon the structure of two new species of Hectocotyle, parasitic upon Tremoctopus violaceus, D. Ch., and Argonauta Argo, Linn.; with an exposition of the hypothesis that these Hextocotylæ are the males of the Cephalopoda upon which they are found; *Linn. Soc. Proced.*, I, 1838-48, p. 237-238; *Linn. Soc. Trans.*, XX, 1851, p. 9-22; *Oken*, *Isis*, 1847, col. 869-870.

1845. Die Lehre von der Thierischen Zelle und den einfacheren thierischen Formelementen, nach den neuesten Fortschritten Dargestellt.
Anorganische Elementartheile, p. 54.
Organische Elementartheile.
A. Niedere Elementartheile.
1. Solide Körper.
a. Elementarkörner, p. 55.
2. Hohle Körper, Bläschen.
Bläschen ohne Wachsthum und Vermehrung, p. 56.
b. Elementarbläschen.
Bläschen mit Wachsthum ohne Vermehrung, p. 57.
c. Dotterbläschen.
Bläschen mit Wachsthum und Vermehrung, p. 60.
d. Kernchen, Nucleoli.
e. Kerne oder Kernbläschen, Nuclei, p. 65.
f. Zellen, Cellulæ, p. 79.
Einzellige Thiere. Beschreibung der Gattung und der Neuen arten von Gregarina, p. 96; *Zeitsch. Wissensch. Botanik*, II, 1845, p. 46-102.

1846. Sulla struttura e sviluppo de vasi linfatici capillari presso le larve de Batrachii; *Atti Scienz. Ital.*, VIII, 1846, p. 441.

1846. Dell anatomia del Tristoma papillosum; *Atti Scienz. Ital.*, VIII, 1846, p. 469.

1846. Sull Nectocotylus Argonautæ; *Atti Scienz. Ital.*, VIII, 1846, p. 498.

1846. Origine, terminazione e sviluppo delle fibre nervose; *Atti Scienz. Ital.*, VIII, 1846, p. 504.

1846. Ueber die Blukörperchen eines Menschlichen Embryo und die Entwickelung der Blutkörperchen bei Säugethiere:
1. Die Blutkörperchen eines dreimonatlichen Embryo, p. 113.
2. Entwickelung der Blutkörperchen bei Saugethieren, p. 115.
A. Entwicklung der Blutkörperchen im Embryo:
1. Erste Bildungderselben, p. 116.
2. Weitere Entwicklung der Blutkörperchen im Embryo, p. 125.
a. Vernehrung der Blutkörperchen:
1. Vermehrung der Blutkörperchen von sich aus. p. 126.
2. Bildung der Blutkörperchen aus farblesen im Leberblute neu entstehenden Zellen, p. 128.
b. Bildung der Kernlosen Blutkörperchen, p. 137.
B. Entwicklung der Blutkörperchen bei erwachsenen Säugethieren.
1. Entwicklung der Lymphkörperchen, p. 142.
2. Uebergang des Lymphkörperchen im Blutkörperchen, p. 147.
A. Entwicklung der Blutkörperchen bei Embryonen, p. 155.
B. Entwicklung der Blutkörperchen bei erwaschen Säugethieren, p. 157.; *Henle und Pfeufer*, *Zeitsch. für Rat. Med.*, IV, 1846, p. 112-159, pl. 1.

1846. Note sur le développement des tissus organiques chez les Batraciens. Paris, *Compt. rend.*, XXIII, 1846, p. 106-108; *Froriep. Notizen*, XXIX, 1846, col. 113-115; *Ann. Sci. Nat.*, VI, 1846 (Zool.), p. 91-108, pl. 5.

1846. Ueber die Bildung der Schädelknochen; *Schweiz. Gesell. Verh.*, 1846, p. 58-61 (Winterthur).

1846. Zur Lehre von den Furchungen:
1. Natur und Venehrung der Furchungskugeln, p. 10.

2. Entwickelung der Kerne der Furchungskugeln und Bedeutung deselben fur die Furchung, p. 13; *Wiegmann Archiv.*, XII, XIII, 1846, 1847, p. 9-22.
1846. Ueber die contractilen Zellen der Planarienembryonen; *Wiegmann Archiv*, XII, 1846, p. 291-295, pl. 10, fig. 1-13.
1847. Ueber die Entwickelung der Gewebe bei den Batrachiern; *Froriep. Notizen*, II, 1847, col. 1-5, pl. 1, fig. 1-4.
1847. Ueber die Structur und die Verbreitung der glatten oden ruwilkürlichen Muskeln (Verbreitung der glatten Muskeln beim Menschen und bei einigen Säugethieren), p. 21; *Zurich. Mittheil.*, I, 1847, p. 18-28.
1847. Ueber Hectocotylus; *Isis*, 1847, p. 869-870.
1847. Rhodope, nuovo genere di Gasteropodi; *Milano, Giorn. Ist. Lomb.*, VIII, 1847, p. 551-561; *Giorn. Ist. Lomb. e bibl. Ital.*, 16, 1847, p. 239-249.
1847. Nachwort zu Heinr. Koch's: « Worte zur Entwickelungsgeschichte von Tunice; » *Schweiz. Gesell. N. Denkschr.*, VIII, 1847, p. 31, 3 pl.
1847. Die Bildung der Jamenfäden in Bläschen als allgemeines Entwickelungsgesetz; *Schweiz. Gesell. N. Denkschr.*, VIII, 1847, p. 82, pl. 3.
1847. Ueber die Entozoengattung Gregarina L. Dufour; *Zurich. Mittheil.*, I, 1847, p. 41-45.
1847. Ueber den Bau der Synovialhaüte; *Zurich. Mittheil.*,I, 1847, p. 93-96.
1847. Ueber den Bau und die Verrichtungen der Milz :
1. Die Milz ist ein muskulöses Organ, p. 120.
2. Die Milz ist ein Organ, in wechem die Blutkörperchen massenhaft zu Grunde gehen, p. 125; *Zurich. Mitheil.*, I, 1847, p. 120-125, 129-137.
1847. Ueber einige anatomisch-physiologische gegenstände.
1. Ueber die Einwirkung des magneto-electrischen : Apparates auf die gefässe der frischen Placenta, p. 87.
2. Ueber die Nerven der Hornhaut des Menschen und der Wirbelthiere, p. 89.
3. Neue Beobachtungen über die Verbreitung der glatten Muskeln, p. 93; *Zurich. Mittheil.*, I, 1847-48 (2e part.), p. 87-97.
1847. Histologische-Bemerkungen :
1. Ueber Verknöcherung bei Rachitis, p. 168.
2. Ueber den Bau der Haarbälge und Haare, p. 177; *Zurich. Mittheil.*, I, 1847, p. 168-179; *Froriep. Notizen*, V, 1848, col. 118-122.
1849. Beiträge zur Kenntniss niederer Thiere :
Ueber die Gattung Gregarina L. Duf, p. 1.
A. Beschreibung der von mir gesehenen Arten von Gregarinen, p. 1.
1. Gregarina Nemertis, p. 1.
2. — Sipunculi, p. 2.
3. — Terebellæ, p. 3.
4. — Spionis, p. 4.
5. — Heerii, p. 6.
6. — clavata, p. 10.
7. — Sieboldii, p. 10.
8. — brevirostra, p. 12.
9. — Sænuridis, p. 12.
10. — Enchytræi, p. 17.
B. Allgemeine Betrachtung über die Natur der Gregarinen :
1. Sind die Gregarinen Thiere, p. 18.
2. Sind die Gregarinen einzellige Thiere (?), p. 18.
3. Sind die Gregarinen ausgebildete Thiere (?), p. 23; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, I, 1848, p. 1-38, p. I-III.
1849. Neurologische Bemerkungen; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, I, 1849, p. 135-163, pl. 11.
1849. Beiträge zur Kenntniss der glatten Muskeln. Ersten Artikel.
Ueber den Bau und die Verbreitung der glatten Muskeln:
1. Bau der glatten Muskeln, p. 48.
2. Verbreitung der glatten Muskeln, p. 51.
A. Sinnesorgane :
1. Haut, p. 51 ; 2. Auge, p. 53; 3. Ohr, p. 55.
B. Darmkanal, p. 56.
C. Drüsen, p. 57.
1. Einfache Drüsen; 2. Zusammengesetze Drüsen, p. 59. *a.* Milchdrüse; *b.* Lungen; *c.* Leber; *d.* Bauchspeicheldrüse; *e.* Thränenapparat; *f.* Speicheldrüsen; *g.* Harn und geschlechtswerkzeuge; α. Männliche; β. Weibliche.
D. Milz, p. 75.
E. Gefässe, p. 78.
1. Mit den Arterien, p. 79.
2. Venen, p. 82.
3. Lymphgefässe, p. 85.
Siebold und Kölliker. Zeitsch., I, 1849, p. 48-87, pl. 4, IV^b, V, VI, VII.

Berichte von der Lönigl zootom zu Wurzburg. Zwerter Bericht für das Schullahr, 1847-48 :
Ueber die electrischen Organe des Mormyrus longipinnis, p. 9-13.
Uber Tristoma papillosum, p. 21-27.
Allgemeine Betrachtungen über die Entstehung des Knöchernen Schadels der Wirbelthiere, p. 35-52.
Zwei neue Distomen : Distoma pelagiæ und D. Okenii, p. 53-58.
Ueber Dicyema paradoxum, den Schmarotzer der Venenanhäuge der Cephalopoden, p. 59-66.
Hectocotylus Argonautæ D. Chiaie und Hectocotylus Tremoctopodis, die Männchen von Argonauta Argo und Tremoctopus violaceus D. Ch., p. 67-89; Leipzig, Engelmann, 1849, in-4°, 93 p., 5 lithog.

1849. Zur Lehre von der contractilitat menschlicher Blut und Lymphgefässe; *Siebold und Kölliker. Zeitch.*, I, 1849, p. 257-260.

1849. Das Sonnenthierchen, Actinophoris Sol.
1. Anatomie; 2. Physiologie; *Siebold und Kölliker Zeitsch.*, I, 1849, p. 198-217, pl. 17; *Journ. Microsc. Sci.*, I, 1853, p. 25-34, 98-106.

1849. Ueber Blutkörperchen haltige Zellen; *Siebold und Kölliker Zeitsch.* I, 1849, p. 260-267, pl. 19.

1850. Einige Bemerkungen über die Gregarinen, aus einem Schreiben von c. Bruch. Nachwort von a. Köllikie; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, II, 1850, p. 113-114.

1850. Zur Entwickelungsgeschichte der äussern Haut.
1. Oberhant, p. 67; 2. Haare, p. 71; 3. Nagel, p. 84; 4. Entwickelung der Schweissdrüsen; *Siebold et Kölliker. Zeitsch.*, II, 1850, p. 67-96, pl. 6 à 8.

1850. Noch ein Wort über die Blutkörperchen haltenden zellen; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, II, 1850, p. 115-117.

1850. Histologische Bemerkungen, Fettzellen, p. 118.
1. Theilungen und anastomosen der Primitirbündel der quergestreiften Muskeln, p. 278.
2. Nerven und Gefässe in permanenten nichtossificirenden Knorpeln, p. 280.
3. Luft in Mark und in der Rinde der menschlichen Haare, p. 280.
4. Ueber Bindegewels-und Muske fibrillen, p. 280.
5. Accidentelle Bildung von Talg-und Schweissdrüsen in der Lunge; *Siebold und Kölliker Zeitsch.*, II, 1850, p. 118, 120, 278, 281.

1850. Contractionen der Lederhaut des Menschen durch Einwirkung von Galvanismus; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, II, 1850, p. 123-124.

1850. Die Theorie des Primordialschädels; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, II, 1850, p. 281-291.

1850. Ueber den Haarwechsel und den Bau der Haare; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, II, I, 1850, p. 291-294.

1850. Ueber Theilungen der Nervenprimitivfasern des Menschen; *Wurzburg. Verhandl.*, 1850, p. 56-58.

1850. Ueber die Nerven der Knochen des Menschen; *Wurzburg. Verhandl.*, I, 1850, p. 68-73.

1850. Ueber den Faserverlauf im Menslichen Rückenmark; *Wurzburg. Verhandl.*, I, 1850, p 198-207.

1850. Ueber eine Janussmissbildung; *Wurzburg. Verhandl.*, I, 1850, p. 280-283.

1849. Anatomisch-physiologische Bemerkungen:
1. Zur Entwickelungsgeschichte der menschlichen Haut, p. 17; *a.* Haare; *b.* Schweissdrüsen, p. 20; *c.* Talydrüsen, p. 21.
2. Kerne in den Fettzellen der Erwachsenen, p. 24.
3. Endigung der Nerven in der Haut, p. 25.
4. Tysonsche Drüsen des Mannes, p. 26.
5. Contractionen der Milz, der Lederhaut, des Arcela Mammæ und der Schwimmblase, erregt durch Galvanismus, p. 27.
6. Ueber die Wachsthum der Knochen in die Dicke, da wo Sehnen an sie sich einpflanzen, p. 36; *Zurich. Mittheil.*, II, 1850-52, p. 17-37.

1850. Ueber einige an der Leiche eines Hingerichteten angestellte Versuche und Beobachtungen; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, III, 1851, p. 37-52; *Goodsir. Ann. Anat. Physiol.*, 1850-53, p. 105-113.

1850. Skizze einer wissenschaftlichen Reise nach Holland und England; *Siebold and Kölliker. Zeitsch.*, III, 1851, p. 81-106.

1850-52. Mikroskopische Anatomie oder Gewebelehre des Menschen.
2. vol. (Specielle Gewebelehre), 1re partie. Von der Haut. den Muskeln, Knochen und Nerven. 1 vol. in-8°. Leipzig, Engelmann. 1850, 554 p., 168 fig. sur bois, 4 pl. par Flegel.
2. vol. (Specielle Gewebelehre), 2e partie. Von den Verdauungs-und Respirationsorgane. 1 vol. in-8°. Leipzig, Engelmann, 1852, 784 p., 127 fig. sur bois, par Flegel.

1851. Ueber das Vorkommen von glatten Muskelfäser in Schleimbäuten; *Siebold and Kölliker. Zeitsch.*, III, 1851, p. 106-107.

1879.

2e ANNÉE N° 10. 15 OCTOBRE 1879

Dec 18.1879

REVUE INTERNATIONALE DES SCIENCES

PARAISSANT LE 15 DE CHAQUE MOIS

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN

PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

PARIS

OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

avec

pression de l'adaptation locale. Elle se met d'accord avec la géologie, qui transforme lentement ou violemment sa demeure, qui l'élargit ou la rétrécit, et la lui rend plus ou moins propice. Ce qui est contraire aux circonstances n'a jamais pu se constituer; mais ce qui a pu devenir a été déterminé par ce qui existait antérieurement. Tout ce qui vit est un document pour l'histoire géologique et pour toutes les autres particularités d'une contrée.

PIQURE VENIMEUSE

OU VIRULENTE

APPLICATION DE L'ANTISEPTIQUE DE J.-A. PENNÈS

Observation de M. Henri VINCENT, ✻, docteur en médecine
à AŸ (Marne)

Au commencement des premières chaleurs de juillet, un vigneron vient me trouver à midi; il a été piqué la veille par une mouche; *il dit ressentir dans tout l'avant-bras une tension douloureuse qui se propage jusqu'à l'aisselle,* et je constate en effet sur le dos de la main et sur le trajet des tendons extenseurs de l'annulaire un point noirâtre légèrement déprimé.

J'eus alors l'idée d'employer sans retard la liqueur antiseptique indiquée ci-dessus et qui se trouvait sous ma main pour une autre destination.

1° Du *Congrès de Paris, pour l'avancement des sciences*, le 27 août 1878 ;
2° De la *Société d'anatomie de Paris*, en octobre et décembre 1878 ;
3° De l'*Académie de médecine de Paris*, le 11 février 1879 ;
4° De l'*Académie des sciences de Paris*, le 14 juillet 1879.

De nombreuses pièces anatomiques et zoologiques, préparées et conservées avec ce nouveau produit, ont été l'objet d'une attention flatteuse et honorable de la part de ces corps savants.

Les expériences faites avec succès dans les amphithéâtres des facultés de médecine de Montpellier, de Lyon, de Nancy, sont venues s'ajouter à celles qui avaient été réalisées à l'école de la Faculté de Paris.

ENFIN LA FOURNITURE EN A ÉTÉ FAITE :

A l'administration de l'*Assistance publique*, pour différents services ;
A l'administration du *Muséum d'histoire naturelle*, pour ses laboratoires ;
A l'administration du *Jardin d'acclimatation*, pour la conservation de sujets rares.

1850. Skizze einer wissenschaftlichen Reise nach Holland und England: *Siebold and Kölliker. Zeitsch.*, III, 1851, p. 81-106.
1850-52. Mikroskopische Anatomie oder Gewebelehre des Menschen.
2. vol. (Specielle Gewebelehre), 1re partie. Von der Haut, den Muskeln, Knochen und Nerven. 1 vol. in-8°. Leipzig, Engelmann. 1850, 554 p., 168 fig. sur bois, 4 pl. par Flegel.
2. vol. (Specielle Gewebelehre), 2e partie. Von den Verdauungs-und Respirationsorgane. 1 vol. in-8°. Leipzig, Engelmann, 1852, 784 p., 127 fig. sur bois, par Flegel.
1851. Ueber das Vorkommen von glatten Muskelfäser in Schleimhäuten: *Siebold and Kölliker. Zeitsch.*, III, 1851, p. 106-107.

LA FAUNE DES PROFONDEURS DE LA MER

Par Alex. Pagenstecher
Professeur à Heidelberg.

I

Ce n'est pas seulement l'attrait du mystère profondément enseveli, ni l'ambition de se rendre maître, à force de volonté virile, des derniers recoins de l'élément indomptable, qui nous pousse à rechercher ce qui vit dans les profondeurs de la mer, où les rayons de lumière ne pénètrent plus, où aucune plante ne croît, où, d'après les premières suppositions, une pression énorme supprime toute manifestation organique, et où il n'y a ni différence de jour et de nuit, ni différence de saison, dans l'eau toujours également froide.

L'étude de la répartition des animaux dans la mer peut devenir un chapitre important de la géographie animale, et elle peut même nous fournir des documents nouveaux pour la géologie, les variations étant peu nombreuses relativement à la grande échelle sur laquelle elles se produisent.

Si de prime abord nous sommes portés à admirer comment chaque organisme s'adapte à son milieu et sait tirer parti de ses ressources, nous finissons pourtant par nous apercevoir que les propriétés et l'existence des animaux ne trouvent pas toujours une explication suffisante dans les rapports qui existent actuellement entre leur organisation et leur milieu. Les organismes ne deviennent pas pareils, parce qu'ils habitent le même endroit, sous le même climat; on trouve des similaires dans des milieux différents très éloignés les uns des autres. La faune d'un même terrain est subdivisée en classes, en ordres et en genres. Ce qui vu isolément nous paraît être une création spéciale, adaptée à son lieu de naissance, est le résultat final de changements gradués dans l'organisme animal et dans les conditions du terrain. L'espèce lutte avec énergie pour se maintenir contre la pression de l'adaptation locale. Elle se met d'accord avec la géologie, qui transforme lentement ou violemment sa demeure, qui l'élargit ou la rétrécit, et la lui rend plus ou moins propice. Ce qui est contraire aux circonstances n'a jamais pu se constituer; mais ce qui a pu devenir a été déterminé par ce qui existait antérieurement. Tout ce qui vit est un document pour l'histoire géologique et pour toutes les autres particularités d'une contrée.

Avant qu'on se soit mis à étudier la géographie animale, la paléontologie avait déjà contribué à faire connaître les différentes époques géologiques. Les documents les plus précieux lui sont fournis par les matériaux déposés au fond des mers. Là, les restes organiques sont protégés et recouverts par d'autres matières, à l'abri desquelles ils conservent leurs formes pendant des époques d'une durée incalculable. La faune marine nous offre les ressources combinées de la géographie animale et de l'histoire géologique.

II

La première étude méthodique sur la répartition actuelle des animaux dans la mer, celle d'Edouard Forbes, fut faite d'après ces vues, ainsi que les travaux publiés vers la même époque par Lyell et Deshayes, qui renversèrent la doctrine de Cuvier et de Brongniart d'une série de créations autonomes et complètement distinctes, en prouvant que des mollusques à coquilles de l'époque tertiaire existent encore de nos jours. Ces auteurs substituèrent ainsi la continuité de la création organique à la théorie des révolutions violentes et des déluges universels.

La vieille école avait eu souvent l'idée que les animaux fossiles, ne vivant manifestement plus dans nos contrées, pourraient encore exister dans des contrées et des mers inexplorées ; on l'admit par exemple pour des poissons de Monte Bolca, dans le Vicentin, qui paraissaient avoir leurs pareils plutôt dans la mer Indienne que dans la Méditerranée. Cuvier déclara péremptoirement que pour lui une espèce fossile était une espèce perdue. Lorsque Lyell eut prouvé qu'il n'y avait eu ni une création unique ni des créations partielles successives, mais un développement continu, l'ancienne opinion reparut. On possédait déjà une grande quantité de coquillages modernes d'Europe, concordant avec des coquillages fossiles, surtout avec ceux de Monte Pelegrino et de Ficarazzi, près de Palerme. Forbes résolut de rechercher s'il y en avait d'autres dans les profondeurs de la mer ; il explora à cet effet la mer Egée avec le navire *Beacon*.

Pour connaître le fond de la mer, on avait été réduit jusqu'alors aux contributions fortuites de diverses industries. L'exploration industrielle de la mer se bornait naturellement au voisinage des côtes ; en pleine mer le marin ne s'occupait que du vent et des étoiles ; pour lui, les profondeurs n'étaient habitées que par des êtres imaginaires. Les plongeurs pour les éponges, qui, du temps d'Aristote,

savaient déjà trouver et discerner les meilleurs produits, n'allaient que jusqu'à 15 brasses de profondeur; les pêcheurs de perles, qui ont transporté leur industrie avec d'autres indices de civilisation de l'Asie vers l'Amérique centrale à des époques ignorées, n'allaient qu'à 6 ou 8 brasses; les pêcheurs d'huîtres, qui travaillent à 20 brasses de profondeur, et les pêcheurs de coraux, qui vont jusqu'à 50 et 100 brasses près d'Ischia, de l'île de Majorca, d'Alger et du cap Vert, auraient pu fournir beaucoup de sujets d'étude, à cause de la perfection de leurs outils, qui sont le point de départ des instruments modernes d'exploration du fond de la mer.

Vers le milieu du dernier siècle, le Danois O. F. Müller emprunta la drague des pêcheurs d'huîtres, qui s'en servaient probablement déjà à l'époque de la pierre pour rassembler les tas d'huîtres et de cardiums. On fabriqua des filets de différentes formes; mais de Lacaze-Duthiers préféra, pour explorer un sol rocailleux à une grande profondeur, l'engin employé par les pêcheurs de coraux, qui est resté probablement à peu près le même depuis le temps des Phéniciens. Dans les îles Philippines et au Japon, on obtient encore de meilleurs résultats, à des profondeurs moyennes, avec les instruments de pêche indigènes, avec des engins de bambou, avec des lignes pourvues d'hameçons, qu'avec les instruments les plus ingénieux des grandes expéditions. Mais les pêcheurs jugeaient que quelques rares objets seulement valaient la peine d'être rapportés du fond de la mer. Ils rapportaient bien l'oursin pourpre ou oursin melon, le balai de mer (Gorgone), dans le voisinage du Japon une éponge siliceuse; mais de cette manière on n'obtenait pas l'image complète de la faune des profondeurs. Près des côtes septentrionales on pêche avec des lignes, sur des bancs, à des profondeurs de 10 à 50 brasses, des morues, des cabéliaux, des aiglefins (gades). Les pêcheurs savaient qu'à des profondeurs de 600 à 1200 brasses il vivait jadis près du Groënland et dans la Méditerranée une famille de poissons à écailles épaisses et munies de pointes dures, du genre *Macrurus* Bloch, *Lepidoleprus* Risso. Près de Sétubal, les Portugais jettent des lignes à hameçons à 500 brasses pour des *Centrophorus*, dont on trouve plusieurs espèces aux confins de l'Atlantique jusqu'à l'île de Madère, dans les Indes occidentales et près des îles Moluques.

Quelquefois aussi, on fit des prises d'un intérêt exceptionnel. Le Jutlandais Adriaanz retira près de Groënland, à 79° N., d'une profondeur de 1416 brasses, avec la sonde, deux exemplaires étonnants : des Zoophytes à tronc élevé, avec une touffe de douze polypes gigantesques du genre de ceux des Alcyoniens, ayant chacun huit longs

bras garnis de franges, *Umbellularia Groënlandica* L. Un de ces animaux, ayant 4' 5" de hauteur, fut décrit par Mylius, l'autre par Ellis, comme des Crinoïdes. Plus tard, ils furent perdus; l'espèce fut retrouvée en 1874 par l'expédition de l'*Ingegerd* et du *Gladan*, et décrite par Lindahl. Vers la même époque, on prit près de Cuba le premier représentant d'un ordre des Echinodermes, un Crinoïde pourvu d'un calice à haute tige, *Pentacrinus asterias* L., dont on connaissait des membres fossiles, mais qu'on considérait jusqu'alors comme un type disparu. On trouva plus tard de rares exemplaires d'espèces congénères. En cherchant le passage nord-ouest au delà du cercle polaire, John Ross rapporta, en 1818, du Lancastersund, de 800 et de 1,000 brasses de profondeur, des Annelés et une Astérie, nommée Tête de Méduse, à cause de la subdivision infinie de ses branches et de l'enchevêtrement de leurs extrémités, et qui ne trouva sa pareille que dans les mers indiennes : *Euriale* ou *Astrophyton Linckii* M. T.

Lorsque James Clark Ross, dans son voyage d'exploration vers le pôle sud, obtint en 1841 près de l'île de Coulman et de Victorialand, dans le voisinage des volcans Erebus et Terror, qui s'élèvent au milieu de glaces éternelles, la première preuve irréfutable d'une faune des mers profondes, en trouvant à 270-300 brasses des Coraux vivants, des Bryozoaires, des Annelés, des Gastéropodes et des Crustacés, il rencontra, dans le nombre, des espèces qu'on croyait particulières aux régions septentrionales, telles que : l'*Arcturus Baffini* SABINE, un Isopode de grandeur extraordinaire, qui porte ses rares petits après qu'ils ont quitté l'œuf. Ross crut qu'un chemin de communication pouvait exister d'un pôle à l'autre, parce que l'eau a environ + 4° dans toutes ses couches vers 50-60° de latitude, et dans les couches profondes vers l'équateur et vers le pôle, recouvertes ici d'eau plus froide (jusqu'à 1200 brasses) et là d'eau plus chaude.

III

Tels sont les faits et les théories qu'on connaissait, lorsque Forbes fit en 1843 son rapport à la Société britannique des naturalistes, à Cork.

Forbes avait trouvé réellement des mollusques vivants, qui existaient déjà à l'époque tertiaire ; quelques espèces, nombreuses à l'état vivant, étaient rares à l'état fossile; pour d'autres, la proportion était renversée. Quant à leur répartition, il distinguait huit zones de profondeur. La zone supérieure, qui va jusqu'à deux brasses, serait

la plus riche. Attribuant une épaisseur toujours plus grande aux zones suivantes, il trouva que dans la quatrième, à commencer de 30 brasses, les habitants étaient plus rares tant comme individus que comme espèces, et dans la dernière, au-dessous de 105 brasses, il ne trouva que huit espèces de Crustacés. A 300 brasses, paraissait commencer un abîme sans vie aucune. Nous savons aujourd'hui que cette théorie d'un abîme avait en partie sa base dans une particularité de la Méditerranée entière, celle-ci étant privée, à cause du peu de largeur et de profondeur du détroit de Gibraltar, des courants d'eau froide du fond et de l'échange de gaz et des animaux que ces courants amènent, en partie aussi dans le sol volcanique de ce bassin. On ne peut pas généraliser ces observations. Des plantes marines vertes, des algues, vivent jusqu'à 55 et des algues calcaires jusqu'à 105 brasses de profondeur. Dans les régions supérieures se trouvaient plus d'animaux méridionaux; dans les profondeurs, les animaux du Nord prédominaient. Les zones de profondeur paraissaient avoir la même influence sur la répartition des animaux que les degrés de latitude. A des profondeurs déterminées, on trouvait le maximum d'individus d'une espèce, le maximum d'espèces d'un genre : les Cardiums avec six espèces à 36-43, les Pecten avec 11 espèces à 105-145 brasses; en outre, des individus isolés avaient une force de profondeur ou énergie bathymétrique différente. Des espèces qui disparaissaient étaient souvent remplacées par d'autres analogues. Pour les coquillages et les gastéropodes, il y avait une espèce qui traverse toutes les zones, 3 espèces dans 7 zones, 9 espèces dans 6, 17 espèces dans 5 et 38 espèces dans 4 zones. Parmi ces dernières un cinquième, parmi les espèces habitant plus de zones un tiers, vivaient aussi dans l'océan Atlantique; l'énergie bathymétrique déterminait l'extension géographique. Comme, d'après ceci, les changements dans le sol de la mer dans les périodes géologiques supprimaient plus ou moins facilement l'existence d'une espèce, d'Archiac et Verneuil conclurent que l'extension géographique et l'énergie bathymétrique déterminent aussi la longévité géologique et que l'une et l'autre appartiennent surtout aux espèces qui habitent les eaux profondes.

Les conditions particulières au fond de la Méditerranée avaient donné des bases trop étroites à la théorie. Austen l'améliora un peu, et, en complétant l'histoire naturelle des mers d'Europe après la mort prématurée de Forbes, il réduisit le nombre des zones à quatre. Il sera utile d'en décrire le caractère.

Dans les mers qui ont une haute et une basse marée, il y a une zone des côtes, surtout distincte aux endroits où la hauteur de la

marée et la configuration des côtes donnent lieu à des plages étendues. Les animaux qui les habitent sont exposés à de violentes attaques. Ils se construisent de petits monticules mous, se pressent contre les rochers, s'enterrent dans le sable, ferment leurs coquilles et supportent ainsi la chaleur et l'évaporation de l'eau, la gelée et la pluie.

La lumière fait apparaître une végétation verte abondante; elle attire de jeunes animaux vers la surface. Près des côtes battues par les brisants, aux endroits où l'eau douce se mêle à l'eau salée, il y a des débris de matières organiques qui aident à reconstruire d'autres forces. Chaque goutte jaillissante retombe comme un bain saturé d'oxygène. La mer apporte de la nourriture aux bouches béantes; elle respire pour ses enfants. Des quantités incroyables de jeune fretin sont confiées aux vagues bondissantes ou sont attachées aux mères. La diversité du sol, la forme des côtes apportent peu de changements; le caractère général se maintient. Des myriades de balanides recouvrent les pierres; des bryozoaires s'incrustent sur les algues; des gastéropodes se traînent sur les parois verdissantes des rochers; l'écume que le flot a laissée sur le rivage grouille d'Amphipodes; des Annelés et des Mollusques creusent des galeries dans le sable ou s'attachent aux pilotis et aux pierres. Des crabes des côtes se cachent sous des pierres, qu'ils quittent pendant la nuit pour chercher leur proie. Des poissons apportés par la marée haute tombent pendant le reflux dans des nasses et des pièges. Des corneilles cendrées, des goëlands, des pies des rivages, des becs courbés, des pluviers, des glaréoles suivent la vague qui se retire et trouvent un riche butin.

La zone des laminaires, toujours couverte d'eau et allant jusqu'à 15 brasses de profondeur, est cependant entièrement accessible à la lumière. Elle n'a ni l'avantage ni les inconvénients des brisants. Ici, chacun doit se procurer sa nourriture. L'action s'anime, les qualités intellectuelles et corporelles varient dans la compétition éternelle d'amour et de guerre. Les couleurs jouent un grand rôle; bien des détails paraissent baroques; presque tous les animaux ont un revêtement protecteur. Entre les rochers et les pierres éparses, recouverts de larges Zostères et d'Ulves crépues, jouent des blennies et des labroïdes verts; aux varechs pendent des hippocampes raidis et des aiguilles de mer à long bec et presque transparentes. Des gastéropodes nocturnes et des turbellariés glissent élégamment entre les herbes marines. Des crevettes vertes sautillent par-dessus tout cela; leurs corps transparents comme le cristal ou blancs comme du lait, striés de violet tendre, de rose, de jaune et d'orange, traversent rapidement l'onde. Ici nagent

des animaux pélagiques en quantité, venant à la surface de l'eau quand le ciel est couvert, des Copépodes, des Stéropodes et des Hétéropodes, des Méduses et des Salpes. Beaucoup grandissent au fond de la mer et ne se détachent qu'à l'époque de leur maturité. Ailleurs, on voit des larves d'animaux qui, à l'état complet, sont attachés ou rampent au fond de la mer. Dans des crevasses, on voit les couronnes phosphorescentes des Actinies, les élégantes collerettes des Tubulaires. Sur le limon et sur le sable, des Echinides et des Holothuries cherchent leur nourriture; l'Etoile de mer écarlate éclipse les algues rouges ou Floridées. Des mollusques se cachent à moitié dans la vase, se suspendent aux rochers; les espèces élégantes et bariolées, telles que *Vénus*, *Tellina*, *Donax*, se voient sur le fond, et leurs coquilles, apportées par la vague, parent le rivage après leur mort. De vigoureux gastéropodes carnassiers perforent les coquilles. Des Goujons, des Anguilles de mer, des Scorpions épineux s'enfoncent dans le sol; des Homards et des Crabes à marche oblique le nettoient; à leur tour, ils sont menacés par des Poulpes, dont les bras ne lâchent pas ce qu'ils ont saisi. Le Bernard l'ermite a des couleurs voyantes sur la partie antérieure du corps, mais il cache anxieusement sa partie postérieure, sans défense, dans une coquille empruntée.

Sans que l'espèce se perde, les circonstances extérieures, qui rendent tantôt une chose désirable et tantôt une autre, donnent naissance à une grande variété. Les espèces et les genres ne se transforment que sous des conditions géographiques très différentes, et plus encore d'après des changements géologiques. La nature du terrain exerce plus d'influence; la vase, le sable, l'argile, les rochers ont leurs habitants spéciaux. Dans chaque domaine, ceux-ci se répartissent d'après la manière de vivre, s'associent d'après leurs besoins, cherchent leur abri et leur nourriture en commun ou même aux dépens les uns des autres. Ainsi que la lumière fait apparaître les couleurs, l'eau calme permet le développement de coquilles élégantes. La vie se déploie ici dans toute son exubérance, qui n'est nulle part aussi grande que dans l'Océan. Lorsque, dans cette zone des mers chaudes, des Coraux forment des récifs, lorsque des bancs de fleurs animées fourmillent de Porcelaines et de Buccins, d'Oursins, d'Étoiles de mer et de Crabes à formes bizarres, que des Spondyles et des Chames s'y attachent et que des poissons Chétodons se jouent dans les anfractuosités, l'éclat et la diversité des couleurs surpassent presque la splendeur des paysages équatoriaux, où de splendides papillons et des oiseaux scintillants comme des pierres précieuses voltigent entre les arbres à grandes fleurs.

Des raisons d'ordre biologique et l'analogie des espèces rendent présumable que la faune des côtes s'est recrutée dans la zone des Laminaires. De même qu'on habitue les huîtres, avant de les expédier, à la privation de l'eau, dans des réservoirs soumis à la marée, où elles s'exercent à tenir leurs valves fermées, de même la nature force les animaux qui peuplent les confins de la mer à s'accommoder aux circonstances. Si la faune d'une côte venait à périr accidentellement, ou s'il se formait une île d'origine volcanique, la zone des Laminaires fournirait des habitants qui s'adapteraient bientôt aux nouvelles côtes. Quelques-uns viendraient de l'eau douce ou de l'eau saumâtre, ayant eux-mêmes une origine marine, et n'ayant jamais perdu la capacité d'assimilation et de rétrogradation.

Austen désigna comme troisième zone, jusqu'à 50 brasses, celle des Corallines ou Algues calcaires, qui remplacent les végétaux verts devenus de plus en plus rares, la lumière ayant perdu sa force : d'après les expériences de Forel dans le lac de Genève, elle n'agit plus sur le chlorure d'argent à 50 brasses de profondeur. Ces couches ne sont plus agitées par de fortes vagues; il ne s'y produit que de faibles courants qui égalisent les proportions du sel et qui font descendre l'eau froide.

Comme la vie des plantes unicellulaires flottantes, les Diatomées, dépend aussi de la lumière, l'existence animale ne peut être basée ici, directement ni indirectement, sur la végétation. Quelques animaux de cette zone peuvent aller chercher leur nourriture dans des couches supérieures; d'autres se font peut-être la chasse, mais en général la vie animale y est réduite aux matières organiques mortes qui descendent de la surface ou qui sont apportées par les courants du fond. Au plus bas échelon sont les Schlammfresser, Fodtengräber, Lumpensammler. Ces organismes inférieurs, lents dans leurs mouvements, vivent des matières qui se déposent au fond de la mer, et servent eux-mêmes de nourriture à des organismes plus forts. Les conditions vitales de ce milieu n'excluent pas les animaux supérieurs; des Poissons même y vivent. Des Baleines cherchent leur nourriture dans cette zone. Les Coraux, les Alcyoniens, les Pennatulides et les Spongiaires attendent, fixés au sol, ce que le sort leur réserve, et s'étendent jusqu'à des latitudes plus froides; des Echinodermes, parmi les Oursins, surtout les Spatangues à pointes flexibles, parmi les Étioles de mer les Ophiurides aux bras démesurés, des Holothuries en grand nombre rampent dans la vase ou montent le long des flancs des Polypes. Parmi les Crustacés podophthalmaires, ce sont surtout les Crabes triangulaires qui entretiennent la propreté du

sol; parmi les Crustacés édriophthalmaires, ce sont les Lémodipodes, ensuite les Pycnogonides et les Aselles, des Isopodes généralement enduits de vase. Les Mollusques à coquilles sont encore très nombreux; ils tracent des sillons dans la vase; ils forment des bancs; ils s'attachent à d'autres corps; ils se laissent envelopper par d'autres organismes, perforent des Coraux, des Spongiaires et même des rochers : ce sont des Huîtres, des Bucardes, des Limes et des Tridacnes. La Plie aux yeux obliques se plaît sur le sable et le gravier, la Raie et le Requin guettent leur proie à la faveur du peu de lumière qui vient de la surface. L'absence de plantes et le ralentissement de l'échange des gaz font diminuer la quantité d'oxygène, qui de 33,7 0/0 tombe à 300 brasses à un minimum de 11,4 0/0. L'amoindrissement de la respiration ralentit la croissance, retarde la maturité, diminue la fécondité, et, ce qui n'est contradictoire qu'en apparence, est cause d'un développement extraordinaire pour certains corps. On reconnaît que cette zone correspond en certains points avec la zone littorale et qu'elle en diffère pour d'autres. En tout cas, on peut aussi faire dériver cette faune de la zone des Laminaires.

Les particularités de la zone des Corallines augmentent dans celle des Coraux de la mer profonde au-dessous de 50 brasses. Cette profondeur, qui est absolument privée de lumière d'après la croyance générale, n'est influencée que tardivement et sous forme de courants affaiblis par le jour et la nuit, l'été et l'hiver, la pluie et les rayons du soleil. En dehors de la pression qui augmente toujours, quoique plus lentement à mesure que la profondeur est plus grande, les conditions horizontales et verticales de cette zone sont à peu près identiques. Les influences déterminantes sont partout les mêmes, et les habitants sont sédentaires. Les Spongiaires, les Coraux, les Tubulaires, les Bryozoaires, échappent à la vase en se bâtissant des échafaudages, des maisons, des colonies animales. A tout cela s'attachent des Pectinidés et des Brachiopodes, qui étaient fort nombreux dans les anciennes époques et qui deviennent rares. Les Echinodermes ne manquent pas; mais les classes des Mollusques, des Annelés et des Crustacés sont moins représentées. Les conditions d'existence des organismes supérieurs disparaissent graduellement.

IV

Cette division est encore trop compliquée pour les profondeurs dont on s'était occupé jusqu'alors. On fait mieux en comprenant dans une seule zone littorale le domaine des plantes vivantes et colorées

jusqu'à 100 brasses de profondeur et les parages plus profonds dont les habitants sont capables de se modifier, et d'y opposer tout ce qui dépasse ces profondeurs. Forel pense qu'il n'est pas admissible de faire dériver cette seconde faune de la faune littorale.

Il fut bientôt prouvé que la théorie de Forbes d'une distribution bathymétrique devait être modifiée, et qu'il n'existe pas d'abîme sans vie. Dans les recherches qui ont été faites depuis au fond de la mer, on peut distinguer une période préparative de vingt-cinq ans de celle des dix dernières années.

Dans la première, ce furent surtout des Scandinaves qui firent des travaux importants, eu égard à la profondeur et à l'étendue limitée des mers septentrionales qu'ils exploraient. Loven s'aperçut que le centre bathymétrique d'une espèce diffère à des latitudes différentes, que des espèces du Nord vivent à de plus grandes profondeurs vers le sud. Les animaux qui vivent près des côtes de la Finlande et jusqu'à 20 brasses de profondeur descendent près de Gothenbourg jusqu'à 80 brasses. En laissant Ross de côté, ce fut là la première indication de la dispersion des animaux dans une couche d'eau froide du fond, dans des courants déterminés entre la surface des mers polaires et les profondeurs équatoriales.

En général, on suppose que la faune marine d'origine polaire s'est étendue de cette manière vers le sud, mais il me semble qu'on doit admettre aussi bien que des espèces des mers chaudes, nées près d'un fond plus frais, plus riche en oxygène et plus mouvementé, sont remontées contre le courant vers le nord. Loven ne put trouver une profondeur où la vie fût absente dans les mers scandinaves.

M. Sars, qui abandonna sa position de pasteur pour se livrer à la zoologie, au grand avantage de cette science, rassembla, dans plusieurs expéditions, 427 espèces, trouvées à des profondeurs de 250 à 427 brasses, et appartenant pour les 5/6 aux classes supérieures aux simples Protozoaires et pour environ une centaine aux Mollusques et aux Crustacés. D'après lui, la vraie faune de la mer profonde commence parcimonieusement à 100 brasses et augmente en individus en même temps qu'en profondeur. On reconnaît que ceci dépend aussi un peu, d'après les localités, de la profondeur à laquelle se fait sentir le courant du fond, apportant des conditions nouvelles et plus favorables, et ressemblant tant soit peu aux brisants. Il ne manqua pas de trouvailles faisant époque. Un Crinoïde, *Rhizocrinus loffotensis*, que G.-D. Sars trouva en 1864 près des Loffoden, tient le milieu entre les Pennatulides connues, *Comatula* ou *Antedon*, qui se séparent de

leur souche, nagent, et qui rampent aussi comme les Ophiurides sur le sommet d'autres objets, et le *Pentacrinus* des Antilles.

Les changements qui ont donné des variétés entièrement nouvelles à la terre ferme et aux couches supérieures de la mer, depuis l'époque de la craie, ne paraissent pas avoir eu d'influence sur les profondeurs de l'océan Atlantique. Goodsir, un des compagnons de Franklin, retira de la mer glaciale, dans le détroit de Davis, à 300 brasses, des Crustacés, des Mollusques et des Echinodermes. Même dans la Méditerranée, on trouva des documents qui avaient échappé à Forbes. En 1858, le câble télégraphique se rompit entre Cagliari et Bone, à 1200 brasses de profondeur, à un endroit où l'on n'avait pas tenu compte d'une rigole profonde au sud de l'île de Sardaigne. Au tronçon repêché adhéraient des Coraux, des Huîtres, des *Pecten*, des Limes, des Tubulaires, des Ascidies, des Bryozoaires, des *Trochus* et des Pourpres. Un des Coraux au moins provenait de la plus grande profondeur. En 1860, la drague du *Bulldog* amena, d'une profondeur de 1260 brasses, 13 Ophiurides, cramponnés à la corde; leur estomac était plein de la vase du fond. Enfin en 1864, Barboza de Bocage décrivit une Eponge siliceuse appartenant à un genre qu'on croyait jusqu'alors exclusivement japonais, *Hyalonema Lusitanicum*, trouvé à la profondeur où vivent les Requins dans la baie de Sétubal.

On avait admis jusqu'alors, en arrangeant un système d'après les rares débris des musées, que les Spongiaires modernes ne formaient jamais des réseaux siliceux, et que la charpente des Eponges ventriculitides cyathiformes qu'on trouve dans la craie et dans le sable vert du nord de l'Angleterre étaient des fibres cornées d'Eponges ou des réseaux calcaires. M. Schultze avait désigné, sous le nom commun de *Federbuschschämme* (Eponges à fibres plumeuses), le *Hyalonema Sieboldii* Gray, Eponge du Japon terminée par une touffe de fibres siliceuses et recouverte en partie par le corail *Palythoa*, et la *Regardera* de Cebu, dans les îles Philippines, *Alcyoncellum* Quoy et Gaimard, ou *Euplectella Aspergillum* Owen, une éponge cyathiforme qui a la légèreté de la dentelle, tandis que Wyville Thomson les réunissait au *Dactylocalyx* des Antilles de Stutchburg, sous le nom d'Eponges vitrées, *Vitrea*. Celles-ci, la clef des ventriculitides, augmentèrent si fort en nombre à mesure qu'on explorait la mer profonde, que Marshall put en réunir 37 en 1878 et que A. B. Meyer y joignit encore 7, toutes trouvées entre 100 et 700 brasses. On remarqua que la caractéristique n'était pas la réunion des aiguilles, mais bien la forme à six rayons ou à trois axes, quoique souvent étoilés ou allongés en filaments, de sorte que O. Schmidt les rassembla avec

raison sous le nom de Hexactinellides, ordre de spongiaires qui forme une transition curieuse entre les faunes de la mer profonde du Nord et celle des eaux superficielles des mers équatoriales et de l'époque de la craie.

En 1854, une autre catégorie d'organismes inférieurs, vivant et nageant comme les méduses et déposant des débris innombrables sur le fond de la mer, révolutionna les recherches faites dans les mers profondes et conduisit à une fausse voie.

Avec les sondes perfectionnées employées pour explorer le fond de l'océan Atlantique, on obtint, au-dessous de 1000 brasses, uniformément une vase d'un blanc grisâtre avec de nombreux tests de Polythalamies. Railey constata que cette vase se trouve partout dans l'océan Atlantique. Ces tests contiennent de la chaux et sont remplis par une substance albumineuse, verdâtre, jaunâtre ou orangée, sans cellules, s'étendant en filaments de formes variables (le protoplasma). Le nom vient de ce qu'ils sont ordinairement divisés en compartiments, qui sont soutenus chez les espèces supérieures par des cloisons, et toujours munis de pores, d'où l'autre nom de cette classe, les Foraminifères. Cette vase contenait surtout des *Globigerina bulloides* d'O., d'environ 1 millimètre, qu'on avait déjà observés dans la craie, avec de nombreux compartiments en spirale, de grandeur ascendante, aplatis les uns contre les autres, mais arrondis au reste. On lui donna le nom de vase globigérinique. Plus rarement, on trouva : l'*Orbulina universa* d'O., qui, d'ordinaire simplement globuleuse, renferme cependant quelquefois trois ou quatre petits compartiments; la *Pulvinulina*, avec cinq ou six compartiments disposés en un disque; dans des mers plus chaudes, la *P. Menardii* d'O.; plus grande dans les mers froides; la *P. Micheliana,* un peu turbiniforme, à compartiments superposés en cone, ayant une plus grande périphérie. Pendant quelques années on regarda ces Polythalamies comme les habitants caractéristiques des profondeurs de la mer. Plusieurs espèces de Polythalamies vivent sans aucun doute sur le sol; J. Müller, et après lui beaucoup d'autres savants, en trouvèrent qui nageaient. Pendant le jour, elles aiment à plonger; c'est pourquoi le major Owen les nomma *Colymbitæ.* Murray en a trouvé à différentes profondeurs, jusqu'à 150 brasses, et l'expédition du *Challanger* et A. Agassiz ont constaté que les tests trouvés sur le sol ne donnent nullement la forme de l'animal vivant. Les Globigérines, les Orbulines et autres sont couvertes pendant leur vie pélagique de fines soies dont la longueur surpasse de plusieurs fois celle du diamètre de la coquille ; des vésicules de protoplasma s'allongent en filaments; le noyau est d'un

beau rouge écarlate. Les compartiments cachés dans les Orbulines ont aussi des soies pareilles. Carpenter ne put pas renoncer complètement à l'idée que les Globigérines, après avoir construit de douze à seize compartiments en nageant, cessent de croître, s'entourent d'une couche calcaire, rudiment d'une coquille plus parfaite, et qu'elles vont vivantes au fond pour s'y multiplier, puisque des jeunes en grand nombre fourmillaient sur le sol. Les Cristallaires qui rassemblent du sable, qui sont les seuls animaux avec les Globigérines et les Orbulines qu'on trouve à 2435 brasses et qui ont un test épais rendant la natation difficile, les Biloculines et les Triloculines ressemblent à de la porcelaine ; d'autres encore qu'on trouve cimentés à des coquilles, à des pierres, etc., prouvent que quelques Polythalamies vivent à de grandes profondeurs.

La vase de la mer profonde renferme aussi des tests siliceux de Diatomées, plantes unicellulaires ayant la forme de disques, de bateaux, de fuseaux, de bâtonnets, simples ou segmentés, contenant de la chlorophylle recouverte de jaune, de taille microscopique, quelques-unes, comme Ehrenberg le montra, d'une extension universelle, et, comme Reade le découvrit, servant de nourriture sans variation d'espèce aux huîtres de l'argile de Kimmeridge et à celles d'aujourd'hui. Leur zone vitale est déterminée par la lumière, elles n'arrivent au fond qu'à l'état de cadavres.

Un troisième élément protistique de la vase est fourni par les Radiolaires. Ceux-ci ont, comme les Polythalamies, des expansions filiformes variables, mais ils en diffèrent par une vésicule centrale et par des agrégations périphériques de cellules jaunes. Leur squelette est siliceux et affecte les formes les plus diverses : celles de casques, de pagodes, d'ombrelles, de sphères, ou bien d'aiguilles et de bâtonnets, arrangés en figures régulières, reliés par des aiguilles et des bâtonnets plus petits, pareilles à des cristaux de neige, comme si le monde organique n'avait pas pu se délivrer de la contrainte inorganique. Les Radiolaires, qui sont rares dans les mers septentrionales, arrivent à leur plus grand développement dans l'océan Pacifique et dans l'archipel Malaisien, où l'eau a un poids spécifique plus élevé. L'abondance que Hæckel trouva près de Messine diminue beaucoup dans la partie ligurienne au nord de la Méditerranée. Ils sont tous sans exception nageurs. Aussi loin qu'on a pu faire descendre le filet, on a toujours trouvé de nouvelles espèces, et d'autres encore se trouvent dans le sédiment. Il paraît qu'il existe des Radiolaires particuliers à des profondeurs extraordinaires.

Un ordre intermédiaire entre les Radiolaires et les Polythalamies est

formé par les Challengérides, avec environ trente espèces à coquille siliceuse simple, pyramidale, sphérique, en forme de lentille, de flacon élégamment orné, souvent pourvu de piquants et de pointes, ayant une ouverture protégée par une lèvre, et une substance molle avec un ou plusieurs noyaux granuleux et une masse granuleuse d'un brun foncé. Elles nagent constamment à une profondeur assez considérable. Une variété, *Calcaromma calcarea* W. T., de l'océan Pacifique, est recouverte comme d'une croûte de corpuscules calcaires ressemblant à des roues. Ce n'est pas ici le lieu de rechercher si elles rassemblent simplement ces corpuscules, si les Challengérides appartiennent aux Radiolaires et n'en sont qu'un degré de développement, si de même les Orbulines sont des Globulines, et si l'on ne ferait pas mieux de considérer tout cela comme des plantes des plus simples et non comme des animaux.

Wallich et von Dayman furent les premiers qui amenèrent d'une profondeur de 1,000 brasses et au delà un cinquième élément microscopique de la vase de la mer profonde. Ce sont des corpuscules calcaires paraissant amorphes à l'œil nu, crayonneux, ressemblant à de la poudre, en partie des petites pierres rondes isolées, des Coccolithes, ou des bâtonnets, des Rhabdolithes, et en partie des agglomérations ou des Coccosphères ou bien des Rhabdosphères sphériques et polyédriques auxquelles adhèrent des Coccosphères. La craie à écrire en est composée en grande partie, et dans la vase de la mer profonde ces corpuscules paraissent retenus ensemble par une substance mucilagineuse.

Huxley et Hæckel, quoique ce dernier connût des organismes qui, comme les Radiolaires, contenaient des parties compactes pareilles, dans la vie pélagique, crurent que ces corpuscules appartenaient à ce mucilage et que celui-ci, qui paraissait donner des réactions albumineuses, était le corps protoplasmatique le plus simple, variable, amorphe, sans contours, formant des bancs comme l'*Eozoon* fossile, le premier échelon dans la mer profonde de la série organique qui se termine par l'homme, le *Bathybius Hæckelii* Huxley. Après que Harting eut montré en 1872 que, lorsque dans de l'albumine on fait agir lentement du chlore sur de la potasse, il se forme des grains pareils aux Coccolithes, Buchanan découvrit que lorsqu'on ajoute beaucoup d'alcool à de l'eau de mer, il se dépose un sédiment gypseux qui reste amorphe et gélatineux, à fins flocons, et qui se colore comme l'albumine par une solution d'iode et par le carmin. Mais les Rhabdolithes et les Coccolithes, d'après les observations faites à bord du *Challenger*, proviennent tous de l'armure d'organismes na-

geurs probablement de l'ordre des algues, qu'on trouve toujours dans les filets en pêchant à la surface et dans l'estomac des animaux qui vivent près de la surface de l'eau; il y a de ces organismes qui sont très symétriquement et très gracieusement garnis de tubes, de massues ou de godets.

Tous les organismes microscopiques que nous venons d'énumérer, tombant en très grandes quantités comme une pluie sur le sol après leur mort, fournissent la matière organique, la chaux, l'acide silicique, le fer et les autres matériaux dont les habitants de la mer profonde ont besoin, et ils forment en même temps le sol sur lequel ceux-ci se fixent. Quoiqu'ils ne vivent pas sur le sol, l'apparence du sol et la vie qui s'y développe dépendent cependant de leur existence. Les Radiolaires vivant à toutes les profondeurs, leur nombre augmente avec la profondeur de la mer; mais, ayant besoin de chaleur comme les Rhabdolites, ils ne se trouvent pas dans les latitudes élevées. On n'en trouve pas près des îles Feroë, et un bras étroit d'un courant arctique les tient éloignés de 60 à 80 lieues de la côte d'Irlande. Des mers chaudes et profondes doivent donc avoir relativement beaucoup de Radiolaires dans leur vase. Les Polythalamies, qui sont nombreuses à partir de cent brasses, dominent depuis 1,000 brasses; à 2,250, on les trouve presque exclusivement, et entre 2,300 et 2,500 brasses les autres coquilles calcaires disparaissent entièrement, comme Chimmo l'a observé le premier dans la mer des Célèbes. On n'en voit plus que des débris jaunâtres, détériorés, des Coccolithes rongés sur les bords, des coquilles décolorées de Ptéropodes. Ensuite elles manquent absolument; la proportion calcaire de la vase diminue et disparaît; la couleur blanchâtre (*Globigerina Ooze*) fait place à une couleur grisâtre (*Grey Ooze*), qui devient ensuite d'un rouge jaunâtre (*Red clay*).

L'analyse démontre que le sol de la mer profonde consiste en silicate rouge d'oxyde de fer et en argile, très souvent mêlé de manganèse, qui donne quelquefois une couleur noire, ou bien qui s'agglomère en boules. Des corps organiques, une dent de requin, une aiguille de spongiaire, des morceaux de pierre-ponce en sont parfois recouverts; mais Gümbel pense que les boules se forment surtout par le bouillonnement de sources sous-marines. Les corps siliceux, les aiguilles spongiaires, les Radiolaires, les valves de diatomées manquent dans quelques endroits dans l'océan Atlantique au passage du sol gris au rouge; mais dans l'océan Pacifique, entre les îles Carolines et les îles Marianne, à 4,575 brasses, les Radiolaires se trouvent en telle quantité et si purs de mélange qu'on leur donna le nom de vase

radiolaire, telle qu'on la trouve dans les Kieselgure fossiles de Barbados et de Caltanisetta, en Sicile. L'argile rouge ou jaune, qui est produite par les coquillages calcaires en décomposition et en partie aussi par des pierres éruptives, ne manque jamais entièrement entre les Radiolaires. La chaleur et la profondeur des mers, l'éloignement des côtes qui déversent du limon, du sable corallin, du gravier, des laves, déterminent en premier lieu les proportions du mélange de coquillages et de dépouilles d'animaux pélagiques, et leur part relative dans les sédiments ; mais leur conservation et leur relation définitive dépendent de la configuration spéciale du fond. La profondeur à laquelle les coquilles calcaires disparaissent n'est pas partout la même, et on peut la connaître par la couleur de la vase. Le *Porcupine* trouva la vase grise à l'entrée de la Méditerranée, à 586 brasses ; le *Challenger* la trouva à l'embouchure du Tage, près du cap Espichel, à 470 brasses, au sud de Saint-Vincent à 1150, au sud de Halifax partout à partir de 1200 brasses, près du Cap à 1250, aux îles Bermudes à 1375, sur deux tiers de la route des Bermudes, jusqu'à Sandy Hook, près de New-York, à 1700 brasses. Sur le banc Aventure, près de Tunis, il y avait entre autres coquilles calcaires des Polythalamies à 30-250 brasses ; mais au nord de Malte, à 1702 brasses, et au sud de Syracuse, à 1753, on ne retira que de l'argile jaune sans vestiges d'êtres vivants. Au sud du Cap, la seule Polythalamie vivante est la *Globigerina bulloides,* et tandis qu'à 40° 16′ S. le sol est couvert à 1900 brasses de Globigérines, d'Orbulines, de Pulvinulines, ainsi que de piquants et de coquilles de Radiolaires et de Spongiaires, tandis que près de Kerguelen on trouve à moins de profondeur des aiguilles spongiaires, des *Rotalia* et d'autres Polythalamies, ces dernières cèdent absolument la place aux Diatomées au sud de 50°. L'eau douce qui vient de la glace fondue et les banquises flottantes favorisent dans les latitudes élevées un surcroît de Diatomées ; cependant il est probable, d'après la découverte de 53 Foraminifères arctiques, par l'expédition faite sous Nares au delà de 77° 15′, parmi lesquelles il y avait la *Globigerina bulloides,* quoique appauvrie, et de 35 autres au delà de 65°, près des côtes de la Norwège, près des îles des Chiens et dans le golfe de Baffin, qu'il y a dans la mer antarctique des circonstances qui rendent la vie des Polythalamies difficile, et d'autres qui empêchent leur conservation dans la mer profonde. Sur le banc Agulha, à 90-150 brasses, le sable verdâtre consiste presque exclusivement en Foraminifères, quoique les *Globigerina,* les *Orbulina,* les *Pulvinulina* y soient rares, comme elles le sont à l'état pélagique. Le *Valourans* trouva les *Globigerina* dominant dans le sol, dans le

détroit de Davis, près du Groënland et près de l'Irlande, à 57° 50′ N., à 1860 brasses ; à 56° 11′, à 1450 et à 690 brasses. Il y a des endroits où les *Globigerina* se trouvent à de plus grandes profondeurs que d'habitude ; elles forment comme des îles sur le sol radiolaire entre Hawaï et Taïti, à 2600 brasses ; elles sont nombreuses à 2675 et deviennent rares à 2850, dans le Gulfstream, près des Bermudes ; à 2650, elles sont mêlées à des *Orbulina*, de grands Foraminifères, des oolithes de poissons et des coquilles de Ptéropodes. Il paraît que la vase des *Globigerina* n'existe pas dans la mer d'Arafuras et dans le nord de l'océan Pacifique.

La chaux pouvant être dissoute par des acides faibles, on ne peut guère douter que, sous la pression déterminée par la profondeur, l'acide carbonique contenu dans l'eau de mer ne dissolve la chaux, délaissant les parties non calcaires, telles que le manganèse, de quelques corps cadavériques, et que le sol caractéristique des profondeurs de plus de 2400 brasses se forme ainsi. Si la solution a lieu à des profondeurs moindres, cela peut venir d'une plus grande accumulation d'acide carbonique dans des bassins fermés et dans le voisinage de foyers volcaniques, ce qui est le cas dans quelques-uns des endroits nommés.

Sur un sol de cette nature, les Annelés et les Polythalamies ne peuvent plus se servir de coquilles et d'aiguilles calcaires pour se bâtir des tubes de corps étrangers. L'emploi de la chaux n'a pas absolument cessé, mais est restreint, dans la formation des corps organiques ; les coquilles restent petites, les Coraux sont fragiles, les Polyzoaires forment des rameaux flexibles, les Echinodermes prennent des formes extraordinaires à cause de l'exiguïté de l'enveloppe calcaire ; si la chitine s'allie à la chaux pour bâtir des coquilles, elle domine et s'étend en couche protectrice. Les parties calcaires solides ayant une importance capitale pour les animaux de la mer, la pénurie de la chaux dans la mer profonde est cause d'un véritable appauvrissement du monde organique, quoique pas aussi grand qu'il le paraît par la destruction des débris, sur le sol à manganèse.

Puisque nous ne nous sommes pas tenus à l'historique des recherches en ce qui concerne les sédiments organiques pélagiques et leur sort définitif, nous voulons encore ajouter que les Ptéropodes, surtout *Cleodora, Diacria, Carolinia, Hyalea, Creseis, Triptera*, constituent une proportion importante de ces sédiments et attirèrent quelquefois l'attention, comme par exemple dans le voisinage des Antilles et dans le golfe du Mexique, où A. Agassiz trouva qu'à 860 brasses ils forment plus de la moitié de la vase à *Globigerina*, que parmi les vrais Gastéropodes on remarque surtout la *Janthina,* et parmi les Hétéro-

podes l'*Atalanta*, qu'on trouve des oolithes de poissons et des dents de requins, assez souvent le tympan d'espèces de baleines qu'on n'a pas encore rencontrées vivantes dans ces régions, et dans des endroits appropriés beaucoup d'os de Sirènes. Les organismes pélagiques sans coquilles peuvent contribuer aussi à la production d'albumine pour le sol profond : les Salpes, les Acalèphes, les Gastéropodes nus, les Noctiluques et les Pyrocystes fusiformes, qui ressemblent à ces derniers.

V

Depuis 1868, de nombreuses expéditions ont exploré la mer dans différentes directions pour étudier méthodiquement la profondeur, les courants, la température, la densité, la proportion en gaz, la composition chimique, la nature du sol, la faune et la flore. Nous ne pouvons, aujourd'hui, pas encore apprécier les résultats complets. Si nous offrons dans cet espace restreint quelques faits principaux au lecteur, nous devons négliger les curiosités zoologiques tant soit peu exceptionnelles.

Les expéditions suédoises de la mer Arctique se succédèrent presque d'année en année. Les Anglais Carpenter et Wyville Thomson firent en 1868 leur première expédition sur le Lightning, près des îles Feroë; les mêmes et Gwyn Jeffreys explorèrent en 1869 et 1870, avec le *Porcupine*, d'abord le même sol au nord, ensuite à l'ouest et au sud de l'Irlande, jusqu'à la hauteur de Brest, le long du Portugal et jusqu'à l'île de Malte. Ces études préliminaires préparèrent la grande expédition du *Challenger* de 1872-76, qui n'aura probablement pas de longtemps sa pareille, sous la direction scientifique de Wyville Thomson, avec le concours énergique des zoologistes Mosely, Murray et von Willemoes Suhm, l'Allemand qui, arrivé à la fin du voyage, devait trouver le repos éternel dans le fond de la mer, qu'il avait si infatigablement exploré.

Cette expédition se rendit le long du Portugal et de Gibraltar, vers les îles Canaries, croisa sur les deux bassins et sur le plateau intermédiaire de l'océan Atlantique, alla jusqu'aux Antilles, le long de Saint-Thomas et des Bermudes, vers Sandy Hook et Halifax, retourna vers les Bermudes, les Açores et le cap Vert, longea l'Afrique jusqu'au cap Mesurado, croisa de nouveau sur le plateau de l'océan Atlantique et sur la gouttière occidentale, entre le rocher de Saint-Paul et Fernando do Noronha, atterra à Bahia, se dirigea vers Tristan d'Acunha en contournant la profondeur de plus de 3000 brasses qui se laisse

difficilement draguer et traversa une troisième fois l'Atlantique dans la direction du cap de Bonne-Espérance. Le rapport de Wyville Thomson sur les travaux de cette première année a été publié.

Le navire visita ensuite, dans des latitudes plus élevées, les îles Marion, Edward et Crozet, la terre de Kerguelen et l'île Heard ou Macdonald; la station la plus méridionale fut Melbourne et Sidney, à 65° 42'. Ensuite on fit voile pour la Nouvelle-Zélande, les îles Fidji, Kermadek et les Nouvelles-Hébrides, vers le détroit de Torrès, la mer d'Arafura, Célèbes et Mindoro; la troisième année, on partit de Hongkong pour visiter les mers situées au delà des îles Philippines, la Nouvelle-Guinée, le Japon, les îles Sandwich, en passant par-dessus la plus grande profondeur qui a été mesurée à bord du vaisseau *Tuscarora*, à environ 4475 brasses. On traversa l'océan Pacifique dans la direction de Taïti, de Juan-Fernandez, de Valparaiso et du golfe de Penas, pour retourner en janvier 1876 à travers le détroit de Magellan vers les îles Falkland dans l'Océan Atlantique, visiter Montevideo, faire voile encore une fois dans la direction de Tristan d'Acunha, traverser cet océan cette fois-ci en longeant l'île de l'Ascension et les Açores, faisant une courbe vers le cap Vigo, et explorer le plateau à environ 1400 brasses de profondeur sur lequel s'élèvent ces îles, en terminant par le sol du nord-est de l'océan Atlantique jusqu'à 2935 brasses de profondeur.

Nous devons aux Etats-Unis la connaissance de la mer de Bahama et du golfe du Mexique. On avait déjà fait antérieurement de 8 à 9000 sondages entre la côte et la limite du Gulfstream, jusqu'à 1500 brasses de profondeur; mais, dans les petites quantités de vase rapportées par la sonde, on n'avait trouvé rien de décisif en dehors des Foraminifères et des Diatomées. Stimpson a fait des dragages sur la côte de la Nouvelle-Angleterre; le comte L.-F. Pourtalès, dans une excursion avec le bateau à vapeur *Corwin*, interrompue par la fièvre jaune, trouva à 100-270 brasses une faune non moins riche que dans des eaux tièdes, des Crustacés supérieurs, des Annélides, des Géphyriens, des Mollusques, des Radiolaires et des Foraminifères, mais à 350 brasses rien que des débris de coraux et de spongiaires. Le même savant croisa en 1868, avec le bateau à vapeur *Bibb*, dans les détroits de Florida, de Nicolas et de Santaren, entre la terre ferme et les îles de Cuba et de Bahama. Il sonda jusqu'à 517 brasses. L. Agassiz prit part à la seconde excursion de ce bateau en 1869 et dirigea en 1871, avec Pourtalès et Steindachner, l'expédition du *Hassler* de Boston vers la Barbade, à travers le détroit de Magellan vers S. Francisco. On constata que le plateau de Pourtalès s'étend jusqu'à la Barbade, que

les espèces caractéristiques de la mer profonde sont très nombreuses; mais, à l'ouest de l'Amérique, on trouva peu de chose.

Nous venons de recevoir un compte rendu provisoire des résultats d'une expédition qu'A. Agassiz fit en 1878 avec le *Blake* dans le golfe au nord de Cuba, vers Sand Key, l'île de la Tortue, le récif Alacran, le banc Yukatan et l'embouchure du Mississipi, en sondant jusqu'à 850, 1323 et 1920 brasses. Pourtalès avait trouvé que la faune du récif s'étendait peu en profondeur, de sorte qu'une zone peu habitée y succède, les organismes ne trouvant que des débris de coquillages et du sable corallin jusqu'à 90 brasses de profondeur. Dans une seconde zone jusqu'à 300 brasses, ces débris changent de nature : ce sont des agglomérations de tubes de Serpules, dont les interstices sont remplis de Polythalamies et recouverts d'algues calcaires nullipores; la vie animale y est aussi largement représentée. L. Agassiz donna à ce plateau le nom de Pourtalès. Il attribua à la nature du sol sa pauvreté en débris d'animaux dans les profondeurs des *Globigerina* au delà du plateau, quoique toutes les classes jusqu'aux Poissons y soient représentées. Un sol rocailleux aurait encore à 1000 brasses une abondance d'organismes. A. Agassiz a pu constater ceci plus tard pour le sol des *Globigerina*. L. Agassiz admettait que les contours actuels des continents et des mers ont toujours été les mêmes, en abandonnant une zone jusqu'à 200 brasses pour les oscillations; il croyait que la terre ferme s'est élevée peu à peu, et que la mer se creuse graduellement. Il espérait en trouver des preuves dans la similitude de la faune de la mer profonde aux deux côtés de l'isthme de Panama; il espérait découvrir la corrélation entre la complication de la structure, la succession dans le temps, la phylogénie et la distribution géographique. Quelques résultats ont répondu à son attente; beaucoup d'autres nous conduisent à d'autres conclusions.

Nous ne devons pas passer sous silence que les études faites par la Commission pour l'exploration des mers allemandes, en 1871 et 1872, au bord de l'aviso *Pommerania*, se distinguent par leur exactitude et leur ordonnance méthodique, et que le vaisseau anglais *Sheerwater*, le vaisseau américain *Tuscarora* et la corvette allemande *Gazelle* purent combler quelques lacunes qu'avaient laissé subsister les expéditions citées plus haut, et confirmer des résultats déjà obtenus.

Les recherches faites à des milliers d'endroits différents permettent d'établir, par la conformité des résultats obtenus dans des régions très distantes les unes des autres, quelques caractères généraux de la vie du fond de la mer. Ce n'est que plus tard qu'on pourra faire l'ex-

position complète de cette faune, d'après les conditions locales, les communications et le passé géologique.

Dans les masses d'eau que toutes les montagnes de la terre ne combleraient pas, et d'où les sommets les plus élevés émergeraient à peine aux plus grandes profondeurs, la vie animale se divise en deux grandes sections. L'une se dirige vers la surface, l'autre vers le sol. La séparation n'est pas nettement tranchée, puisque tout ce qui rampe nage aussi en général, surtout dans la jeunesse ; cependant elle est cause qu'entre une zone située près de la surface et une autre située près du fond il y a une couche intermédiaire où les organismes sont beaucoup plus rares. Nous nous occupons ici surtout de ce qui vit sur le sol; c'est sur ces espèces que les conditions locales de la mer profondes exercent de l'influence, tandis que les espèces pélagiques conservent le même caractère au-dessus des moindres profondeurs et au-dessus des plus considérables, et y déposent le même sédiment.

Nous remarquons que plus la profondeur est grande, moins l'émigration vers le fond peut conférer d'autres conditions vitales à un animal ou à sa progéniture. Il y a de grandes étendues qui ne présentent pas de différences notables. La quantité de matière et d'énergie dont les embryons sont doués en général ne suffit pas pour les faire arriver des grandes profondeurs à la surface. Le changement de milieu qu'ils devraient supporter, comme pression, lumière, proportion des gaz, dépasserait de beaucoup la mesure à laquelle les êtres de la zone des Laminaires sont adaptés.

D'après la loi des propriétés utiles, les émigrations doivent donc être limitées dans le sens de la profondeur et de l'étendue, et les formes sessiles et paresseuses doivent prédominer. Lorsque les circonstances restent les mêmes sur une grande étendue, les espèces acquièrent une plus grande extension géographique. Les circonstances locales particulières exercent partout de l'influence, comme dans la zone verte. L'Amazone, l'Orénoque, la Gambie, le Mississipi, le Gange déterminent les espèces par la vase qu'ils déposent, aux plus grandes profondeurs et à des centaines de lieues de leur embouchure ; les récifs de coraux sont entourés d'une pâte calcaire, les îles volcaniques de laves, les glaciers polaires d'eau douce. Lorsque la terre ferme n'exerce pas une influence prépondérante sur la vie sous-marine, les espèces des habitants pélagiques et leurs chances de conservation sur le sol dépendent des courants d'eau froide du fond, se dirigeant vers et au delà de l'équateur et venant plus encore des régions antarctiques que des régions arctiques. Les animaux qui peuvent vivre à des profondeurs sont pour ainsi dire cosmopolites et datent de loin.

Si des espèces anciennes se trouvent à des profondeurs relativement peu considérables, les bassins qui les hébergent doivent être regardés comme très anciens. L'influence combinée des périodes géologiques préhistoriques et des circonstances modernes explique la contradiction que des variétés anciennes et vivant à la surface près des pôles se répandent dans la mer profonde, et que cependant dans quelques régions chaudes, les Antilles, le Japon, les îles Philippines, les Moluques, les îles Fidji, l'Australie et une partie du bassin canari portugais, des représentants des temps géologiques anciens vivent sur des sols relativement tièdes : des Eponges siliceuses, des Pentacrines, des Limules, des Nautiles, des *Trigonia*, des *Ceratodus*.

En utilisant les données générales de la géologie, on reconnaît que, plus qu'on ne l'avait cru jusqu'à présent, des couches étendues sont formées par des organismes tombant sur le sol après leur mort et conservés plus ou moins intacts d'après la profondeur et d'autres circonstances. Des couches caractéristiques de Polythalamies-Nummulites, des dépôts de coquilles calcaires et siliceuses microscopiques qui existent dans la craie, des bancs de Polycistines, des amas de coquilles d'*Enomphalus* et de *Bellerophon*, qui paraissent avoir appartenu à des Hétéropodes, et des coquilles de Ptéropodes peuvent servir aujourd'hui à déterminer le caractère des mers dans lesquelles ils se formèrent, dans des époques géologiques. Il est probable que nous reconnaîtrons un jour que le rehaussement du sol des mers a remplacé des organismes qui contenaient de la silice, de la chitine, de la fibrine et des cartilages par d'autres qui ont de la chaux dans leurs squelettes, leurs soutiens et leurs coquilles.

VI

Jetons maintenant un regard sur ce qui est particulièrement intéressant dans les différentes classes d'animaux, comme exceptionnel, comme rassemblant des caractères séparés jusqu'à présent, comme doué de propriétés animales particulières.

Poissons. — Lorsque des filets allant jusqu'au fond ramènent des poissons et d'autres animaux nageant librement on peut se demander s'ils ont vécu à de grandes profondeurs. On trouve des raisons pour conclure en ce sens si l'on ne réussit pas à en pêcher dans des étages intermédiaires, s'ils ont une existence cosmopolite, s'ils ont peu de force pour nager et si leurs organes sexuels ont subi des modi-

fications. Günther ne marque pas les profondeurs auxquelles ont été trouvées les espèces pêchées par le *Challenger*, près du Japon, où quelques poissons ont été ramenés de 2,800 brasses de profondeur. On peut considérer comme venant de grandes profondeurs deux *Centrophorus*, une *Raie*, deux *Sebastes*, deux *Macrurus*, deux *Coryphænoïdes*, dont un vit aussi près des îles Philippines, un *Bathytrissa*, un *Atelopus*, un *Halosaurus* de la famille des Harengs, un *Congromuræna*, deux *Synaphobranchus*, des Anguilles dont le *S. bathybius* se trouve aussi entre le Cap et Kerguelen et au nord de la mer Pacifique, tandis que le *Nettastoma parviceps* G. a son plus proche congénère dans la Méditerranée.

Près du cap Saint-Vincent, dans le Portugal, on pêcha à 600 brasses un *Coryphænoïdes serratus* Lowe, espèce de la famille des Macroures, qui vit près de Madère. Ses yeux très grands sont des indices qu'il vit près du sol, et aussi le fait qu'on l'a retiré avec des *Ceratias* et des *Melanocetes*, Poissons Lophioïdes ou Diables de mer à nageoires faibles, à mouvements saccadés. On trouva encore des *Mora Mediterranea*, variété de *Gadoïdes* de Madère, et à 1,950 brasses *Macrurus Atlanticus* Lowe, et *Halosaurus Owenii* Johnson, qui sont également des espèces vivant près de l'île de Madère ; tout cela confirme la relation de la faune profonde du Portugal et de celle de Madère, correspondant avec l'idée d'une gouttière située entre ces deux points, mais aussi l'idée d'espèces cosmopolites représentées également au Japon à la même latitude, mais séparées par la moitié de la circonférence de la terre. Van Willemoes Suhm affirma plus que Thomson la provenance des profondeurs de la mer pour les *Sternoptychides*, famille s'écartant des Physostomes, des poissons ayant un conduit aérifère à la vessie natatoire, dont une espèce fut retirée à 2,575 brasses entre les Bermudes et les Açores et dont on prit cinq ou six espèces avec le Frawel, des *Sternoptychus* et des *Chauliodus*, près de Lisbonne, à 100 brasses, et près des Philippines, à 1,050. Comme deux ou trois exemplaires adultes, ainsi que le Flet pélagique, qui est encore symétrique, nagent la nuit à la surface, on peut supposer que ces Poissons sont parfois près du fond et qu'ils ont une énergie bathymétrique très forte plus encore dans la jeunesse que plus tard. Il serait possible qu'il existât une relation pareille entre les poissons vermiformes, transparents, très pélagiques, les *Helmichtydes*, et les Anguilles qui vivent au fond. Les *Sternoptychides*, sans écailles, à reflet métallique, ayant une grande tête et de grandes dents, brillent comme des étoiles à cause d'une rangée de taches phosphorescentes, qu'ils font apparaître aussi bien à de grandes pro-

fondeurs que pendant la nuit, à la surface, ce qui les rend propres à servir d'appât pour d'autres animaux qui les prennent pour de petites proies. Ces taches furent déclarées être des yeux secondaires, surtout 36 aux rayons de la membrane branchiostège du *Chauliodus*, à corps réfringent, sur un fond à éclat métallique et pourvu de nerfs particuliers. Le changement de pression, probablement aussi la grande excitation des muscles font remonter à la surface des *Sternoptychides*, brisés en morceaux, à peu près comme un Orvet, ainsi que cela se voit pour des Ophiurides, et aux moindres profondeurs pour des Synaptes. Avec les Macroures et les Sternoptychides se trouvaient des Scopélides, qui sont également des poissons de proie phosphorescents; on pêcha de grandes quantités de ces trois familles à 500 brasses, près des îles Meangis, au sud des Philippines. Les pêcheurs japonais prennent des Gadoïdes dans les fonds de Hyalonemas. Ce sont tous des poissons Physostomes, qui sont représentés dans la mer profonde par les familles susnommées, comme dans les eaux tièdes, dans les étangs et dans les fleuves, par des Siluroïdes, des Carpes, des Anguilles, des Saumons.

La vessie natatoire, qui sert dans les eaux tièdes à résister aux fluctuations de la pression, paraît être d'une plus grande utilité encore dans les variations de niveau dans la mer profonde. Là se trouvent aussi des Poissons vivant toujours au fond, des familles des Ophidoïdes, des Pédiculates ou Lophioïdes, dont de proches parents s'ébattent dans la vase tiède, ou se logent dans le varech flottant sur de grandes étendues et avec une grande variété de formes, comme l'*Antennarius marmoratus* Lesson, ou sautillent sur les plages comme les grenouilles. Il y a des espèces aveugles dans les deux groupes de Poissons, vivant près de la surface et près du fond. *Ipnops Murrayi* Gunther, à fortes nageoires pectorales, dans l'océan Atlantique à 1,600 et 1,900 brasses, près des îles Aru, à 2,150 brasses, n'a pas d'yeux, mais il offre au sommet d'une tête plate une place ovale, où la membrane transparente recouvre de petites colonnettes hexagones sur un fond argenté. Le *Ceratias uranoscopus* Murray, Lophioïde noirâtre pêché à 2,400 brasses entre l'île de Madère et le Brésil, avec d'étroites ouvertures pour respirer au-dessous des nageoires pectorales, de petits piquants coniques au lieu d'écailles et des nageoires insignifiantes, a des yeux très petits, haut placés.

Il est probable que l'idée de Cavallari trouve ici son application ; il attache beaucoup d'importance, pour les animaux souterrains et nocturnes, à la possibilité de percevoir des rayons caloriques ultra-rouges qui, à cause de la plus grande longueur des ondulations, demandent

une réfraction plus forte et la trouvent dans de petits yeux à grandes lentilles. De pareils yeux sont excessivement myopes. Dans le détroit de Torrès, on prit, entre autres curiosités, un Poisson qui est aveugle à l'état adulte et qui, jeune, a des points oculaires situés sous une membrane épaisse. Le Lophioïde nommé plus haut, et un autre pêché près des îles Aru à 360 brasses, probablement du genre des *Oneirodes*, ont ce qu'on appelle le *Angelstrahl* de la tête si développé, qu'on peut le considérer comme un organe qui prévient le poisson caché dans la vase, de l'approche d'une proie.

On peut admettre que les Macrurides vivent, comme les Morues, de crustacés, de mollusques, de vers, qui tombent souvent morts au fond, et que les Sternoptychides et les Scopélides vivent dans leur jeunesse, près de la surface, d'animaux pélagiques, et que plus tard ils s'exterminent beaucoup réciproquement. Les Lophioïdes mangent du flet et d'autres poissons et des crustacés. Si l'on pouvait vider des estomacs fraîchement remplis, on obtiendrait d'importants renseignements et l'on pourrait utiliser ainsi les poissons comme collectionneurs des curiosités des profondeurs de la mer. Sur les fonds de *Hyalonema*, il y a des *Beryx* et des *Scorpæna*, et d'après Willemoes, à 50 brasses, un poisson du genre aveugle *Amblyopsis* des Physostomes, *A. Hermannianus* (?), ayant des organes nerveux en forme de fossettes sur la gueule et le menton, dont les plus proches parents vivent dans les eaux saumâtres de l'Asie et dans les cavernes du Kentucky.

A. Agassiz croyait que quelques espèces d'un genre à tête longue et plate, du golfe du Mexique, avaient remplacé les yeux à peu près disparus par des prolongements filiformes sensitifs situés sur les nageoires pectorales et caudales. Les extrêmes se touchent. Lorsque l'agrandissement même colossal des yeux devient inutile, l'animal s'en passe complètement; ce qui vit sur les fonds les plus profonds se rencontre aussi à la surface et dans l'eau douce. Il y a donc assez de poissons qui peuvent servir de proie aux requins de la mer profonde, si ceux-ci dédaignent les crustacés. Le poisson cartilagineux, remarquablement intermédiaire, *Chimæra*, vient aussi des plus grandes profondeurs; ses grands yeux, sa queue longue et filiforme, son rayon dorsal dentelé le font ressembler extérieurement aux Macrurides à écailles.

A une des plus grandes profondeurs du golfe du Mexique, à environ 1,900 brasses, A. Agassiz trouva un poisson cartilagineux du même genre, sans yeux, avec une tête ronde gigantesque, ayant la forme d'une perche de rivière et n'ayant pas encore de nom. L'*Amphiorus* vit en Australie comme chez nous dans les eaux tièdes.

Les *Crustacés* fournissent, dans les latitudes élevées antarctiques, environ 20 0/0 des animaux vivant au-dessous de 1,000 brasses. Parmi les Malacostracés podophthalmaires, les crabes à queue courte préfèrent les profondeurs moyennes. On ne s'est pas trompé en supposant que les crabes triangulaires (les Brachyures) devaient vivre surtout à de grandes profondeurs, se basant sur leur manière de vivre et peut-être aussi sur la présence d'un *Macrocheira Kampferi* de Haan sur les fonds à *Hialomena*, près du Japon. Sur le récif de la Floride, il y a des Maïens, les crustacés des monnaies grecques, en grand nombre; on trouva au delà de 100 brasses des espèces et des genres nouveaux de *Pyromaia*, *Pisa*, *Scyra*, *Euprognatha*, *Amathia*, *Anomalopus*, *Lambrus*, *Solenolambrus*, etc. Sur le terrain caractérisé par l'éponge *Holtenia*, depuis la pointe septentrionale des Hébrides, Butt of the Lews, jusqu'à Gibraltar, vivent le *Dorynchus Thomsoni* et l'*Amathia Carpenteri*, N., ce dernier appartenant à un genre qu'on croyait particulier à la Méditerranée. De grands Sténorhynques à piquants vivent sur les fonds à *Euplectella*, près de Cebu; près de l'île Marion, on trouva à 310 brasses des *Pisa* d'un beau rose, grands et couverts de beaucoup de piquants, tandis que les Brachyures manquent dans l'eau peu profonde des latitudes antarctiques élevées. Auprès des îles Philippines, on trouva à une grande profondeur la forme de jeunesse, *Zoea*, d'un crabe aveugle à piquants. Dans les eaux anglaises, on trouva réunies deux espèces de crabes carrés à 80-808 brasses, qui vivent éloignées l'une de l'autre à la surface : *Gonoplax rhomboides* Fabricius, espèce méditerranéenne, et *Geryon tridens* Kroyer, des côtes de la Norwège. Près de la Floride, à plus de 100 brasses, on trouve, de la tribu des Eriphides, le *Pilumnus granulimanus* St., et de celle des Portuniens deux espèces de *Bathynectes* et l'*Achelon spinicarpus* St. Au même endroit, un Crustacé notopode, le *Leucoside Lithodia cadaverosa*, St., s'approprie encore à 40 brasses les valves de coquillages morts ou des débris de coraux, pour s'en faire un masque trompeur. Le cas le plus curieux est celui de la Dorippide *Ethusa granulata* N., qui a encore des pédoncules mobiles, mais aveugles à 110-370 brasses, près de Valentia, sur la côte sud-ouest de l'Irlande, tandis que plus au nord, à 442-705 brasses, ces pédoncules sont immobiles, plus rapprochés et plus grands, de sorte qu'ils remplacent un fort piquant que des individus plus méridionaux ont sur la pointe du bec.

Parmi les crustacés à longue queue se trouva une petite Langouste avec des yeux sur des pédoncules très courts, près des Bermudes à 700, près des îles Aru à 80 brasses; on ne rencontra pas l'*Ibacus* au-

dessous de 100 brasses. Les Galathéides aiment la mer profonde; on en pêcha à de grandes profondeurs près des îles Fidji, qui étaient d'un rouge magnifique. Celles qu'on ramena de 300 brasses avec le câble franco-atlantique vécurent plusieurs jours et semblaient craindre la lumière. Des *Munida* trouvées à 330 brasses, sur la vase à Globigérines, dans des courants plus chauds, près des îles Feroë, les Hébrides et dans la gouttière norwégienne, étaient aussi d'un rouge écarlate et avaient de grands yeux d'un éclat cuivré. Il paraît donc que, aussi longtemps qu'il reste quelque faible lumière, les couleurs acquièrent une intensité plus grande, comme les yeux. Sur les fonds à Hyalonema et peut-être ailleurs, il y a des Bernard l'Ermite dans des coquilles de Gastéropodes, qui absorbent la chaux des coraux Palythoa, ainsi que des spongiaires le font quelquefois dans la Méditerranée.

Les Crevettines se trouvent ordinairement dans les filets retirés des profondeurs de la mer, mais leur séjour est difficile à fixer, comme pour les poissons. Il y a un *Palæmon* qui est un des parasites les plus communs des *Euplectella*. Le dragage le plus profond, fait à 36° 30″ N. dans l'océan Atlantique, à 2,650 brasses, entre Sandy Hook et les Bermudes, donna une Crevette; un dragage fait près du Cap, à 2,550 brasses, en donna plusieurs; un dragage fait dans le golfe de Guinée, près du cap Mesurado, donna neuf grandes Crevettes de couleur écarlate, qui représentaient six espèces, dont l'une était *Penæus*. Entre Mindanao et la Nouvelle-Guinée, elles sont très répandues, et il y a au moins une espèce qui est identique près de Bahia et près des îles Crozet. On retira des *Alpheus* à 1,070 brasses dans la mer des Philippines. Un *Penæus* trouvé à 610 brasses près de Kantavou, dans les Fidji, avait, pour soutenir les écailles-antennes, transformé les filets de deux pieds mandibulaires et d'un pied thoracique en plaques velues ou en parachute. Le fond rocailleux des environs de la Nouvelle-Zélande, de profondeur moyenne, fourmille de Crevettines.

A 460 brasses sur le sol des Globigérines, près de Sombrero et à mi-chemin entre cet endroit et Ferro, à 1,900 brasses, le *Challenger* trouva des Crustacés avec des pédoncules oculaires presque nuls, se rapprochant probablement de l'*Eryon* fossile, rappelant un peu la Langouste, et ressemblant surtout à l'Ecrevisse d'eau douce, *Willemæsia leptodactyla* W. S., ayant 12 centimètres de longueur, avec des pinces antérieures longues de 15, 5 centimètres et des pinces aux cinq paires de pieds pectoraux, et une *W. crucifera* W. S., n'ayant que quatre paires de pinces. Une troisième espèce, *W. Euthrix*, fut trouvée près des Philippines à 1,070 brasses, et en grande profusion

près de Kermadek et des îles Fidji; sur le banc de Yukatan, à 968 brasses, on en trouva une probablement identique avec l'espèce de l'Atlantique, tandis que le genre manque complètement dans la mer profonde antarctique. La famille des Astacides fut enrichie au premier endroit par un *Astacus zaleucus* W. S., aveugle, ayant 11 centimètres de longueur, rappelant les Thalassines mineurs par le rétrécissement de la racine caudale, n'ayant que trois paires de pinces, dont la première, presque aussi longue que le corps, est effilée et finement dentelée comme le museau d'un Gavial et très propre à saisir des poissons Sternoptychides et autres. La mer située entre Yukatan et l'île de la Tortue renferme aussi cette espèce à 1,920 brasses. Cette privation d'yeux se retrouve dans l'*Astacus* (*Cambarus*) *pellucidus* Tellk., aux pinces peu effilées, de la caverne du Mammouth, dans le Kentucky. Une variété de Homard, *Nephrops*, fut rapportée de 275 brasses sur les côtes de l'Australie, de 700 brasses près des Bermudes. grande, avec un champ visuel nul sur des pédoncules très raccourcis, de 275 brasses près de la Nouvelle-Zélande une espèce d'un blanc de porcelaine.

Les Schizopodes, qui ont le même genre de vie que les Crevettes. sont très nombreux dans les grandes profondeurs. Le petit nombre de leurs espèces, joint aux divergences marquantes de leur structure, tend à faire attribuer une haute antiquité à cette famille. A 2,200 et à 1,000 brasses entre les Bermudes et les Açores, à 1,920 entre l'île de la Tortue et le banc de Yukatan, à 800 brasses près des îles Aru, on trouva des *Gnatophausia gigas, zoea* et *gracilis* W. S., d'un rouge écarlate. La plus grande espèce a plus de 14 centimètres de longueur et ressemble surtout aux Crevettes par le prolongement dentelé du bec; mais le recouvrement imparfait des branchies, la forme de véritables pieds mandibulaires à une seule paire, doit la faire ranger, non parmi les Crevettines, mais parmi les Lophogastrides, différant des autres Schizopodes, en ce que la cuirasse formée de cinq segments thoraciques est soulevée, rappelant, par cela et par la division du dernier membre caudal, les *Nebalia*, qui ont un autre nombre de segments et dont la même espèce vit dans la Méditerranée et près de Kerguelen à 150 brasses. De même que d'autres Schizopodes ont des yeux et des organes de l'ouïe au thorax, à la queue, aux pieds, les *Gnathophausia* ont des yeux supplémentaires sur les mandibules inférieures de la seconde paire; elles peuvent voir exactement ce qu'elles mangent. Le *Chalaraspis anguifer* W. S., du même groupe, vit dans les deux grands océans, depuis les régions tropicales jusqu'à la mer Antarctique, et est remplacé, où commence la

glace, par *Ch. alata*. Un troisième Schizopode, à test dorsal détaché, a, au lieu d'yeux sur des pédoncules, de grandes plaques orbiculaires sans aucune trace d'appareil de la vue, le *Petalophthalmus armiger* W. S., vivant entre les tropiques dans les deux Océans; les mâles se distinguent par le grossissement des antennes et des membres antérieurs. Le *P. inermis* W. S., plus grand, mais sans cette différence entre les sexes, le remplace dans les mers glaciales à 1,950 brasses. Les Euphausides, dont la carapace n'est pas détachée, sont représentées par des espèces particulièrement grandes; *Euphausia simplex* W. S. n'a pas les yeux supplémentaires; *E. superba*, qui vit près de la surface, en a six paires au thorax. Un crustacé à antennes, *Mysis*, qui vit dans la vase jusqu'à 170 brasses près des îles Crozet et Kerguelen, a des pédicules oculaires en forme de fleurs et des plaques de chitine vides comme le *Petalophthalmus*. Les Schizopodes, qui sont principalement pélagiques, sont donc souvent organisés aussi, par leur grande énergie bathymétrique, pour vivre jusque dans des profondeurs privées de lumière, et un groupe, avec des organes particuliers ressemblant à des yeux, n'en a pas d'autres fois.

Les Eumacés, ordre placé entre les Malacostracés podophthalmaires et édriophthalmaires, ne sont pas rares dans les grandes profondeurs. Les Edriophthalmaires ont beaucoup de variétés très singulières. Parmi les Amphipodes se distingue par sa grandeur de plus de 10 centimètres *Cystosoma Neptuni* G. Ménev., vivant à 1,096 brasses près du cap Saint-Vincent, à 1,500 près du rocher de Saint-Paul, et aussi près des îles Aru. Ce Crustacé, entièrement transparent, nage le plus souvent entre 50 et 100 brasses de profondeur, porte peu d'œufs et a une tête presque aussi grande que les sept segments du thorax ensemble, et dont la surface est entièrement occupée par les yeux. Les deux sexes n'ont en outre qu'une paire d'antennes, ce qui est très rare chez les Crustacés et ce qui, chez *Phronima*, n'est le cas que pour la femelle. Le *Gammarus loricatus* des mers boréales est remplacé près de l'île Hard par une espèce analogue, à piquants. Un Amphipode, dont la tête est allongée en une trompe sans yeux, vit près de Kerguelen à 40-120 brasses; une espèce gigantesque voisine de l'*Iphimedia*, à 1,600 brasses entre cette terre et les îles Crozet; une Hypéride de 7 centimètres n'ayant que des taches de pigment rouge à la place d'yeux vit dans les grandes profondeurs de la mer d'Aru. Nordenskjold trouva des Amphipodes en grand nombre en 1875 dans la mer Glaciale boréale. Des espèces septentrionales comme l'*Eusirus cuspidatus* Kroyer, qu'on croyait borné au Groënland, accompagnent le courant arctique jusque dans les mers britanniques. Un Amphi-

pode parasite, incrusté dans la poche stomacale d'une Comatule, à 500 brasses près des îles Meangis, avait pris, comme d'autres parasites du même animal, ses taches noires et blanches.

Les Anisopodes, qui forment la transition entre les Amphipodes et les Aselles, les Læmodipodes, dont la queue est presque nulle, ainsi que les Pycnogonides, qui leur ressemblent, et les Isopodes sont tous abondamment représentés, avec les espèces mentionnées plus haut, dans la mer profonde, près des deux pôles et sur les fonds à Hyalonémas et à Euplectellas. Parmi les Anisopodes, les Aselles à pinces, *Tanaïs*, et les *Praniza*, qui ont jusqu'à 17 millimètres de longueur et qui se rapprochent des espèces européennes (le *P. Anceus* mâle a une très grande tête), vivent dans les profondeurs de la mer Antarctique et à 150 brasses, dans Christmas harbour, dans l'île de Kerguelen, où les *Tanaïs*, au lieu de porter les œufs sous des plaques thoraciques comme les Aselles, les portent dans des poches comme les Copépodes. Parmi les Læmodipodes, *Caprella spinosissima* N. atteint plusieurs centimètres de longueur dans le courant froid près de l'Ecosse à 200-300 brasses, et il marche comme un spectre avec son corps allongé et ses pinces formidables sur les Spongiaires du sol. Près des îles Edward et Crozet, à 1,600 brasses, il y a un *Nymphon* qui atteint 2′, et le *N. abyssorum* N., dans les mers arctiques, 30 centimètres. Avec le câble français, des Caprelles et des Pycnogonides furent ramenés vivants de 300 brasses de profondeur; à 480, il n'y en avait plus. Il y a aussi de grands Pycnogonides sur le banc Have. Parmi les Isopodes, la *Serolis Bromleyana*, qui domine dans les régions antarctiques, trouvée à 1,795 brasses à 62° S., près de l'Australie à 410 brasses, vivant surtout dans les eaux peu profondes, atteint comme Arcturus une taille énorme dès qu'elle vit dans les profondeurs, et rappelle les Trilobites de la plus ancienne formation géologique par des sillons longitudinaux séparant deux régions latérales d'une région médiane. Parmi les poux de poissons, *Caliges*, l'*Æga spongiophila* est le parasite le plus commun de l'*Euplectella*; l'*Æ. nasuta*, N., ayant 2″ de longueur, à 200-300 brasses près de l'Ecosse, laisse supposer qu'il y a d'autres relations pareilles avec des spongiaires; A. Agassiz trouva une espèce très voisine, ayant 11″ de longueur et 3″ de largeur à 1,900 brasses près du banc de Yucatan. Une famille d'Isopodes sans yeux, les Munopsides, se rapprochant des *Tanaïs* par la forme des pinces, et de l'Anceus par un étranglement séparant les premiers segments, après la tête, des suivants, se rencontre près de la Norwège et en grandes quantités dans les mers antarctiques, depuis les îles Edward jusqu'à la pointe septentrionale de la Nouvelle-Zélande. On

les trouve aussi, ainsi que les Serolis, près des Açores et de Pernambuco, mais non près des îles Fidji, où les Archirus étaient nombreux.

Quant aux Limules fossiles, on a trouvé la preuve concluante qu'elles appartenaient aux crustacés, dans beaucoup de larves de Nauplius inférieurs et de quelques-uns de supérieurs. L'espèce qui vit près des Philippines occupe une région peu étendue et peu profonde. Dans l'ordre des Ostracodes, on trouva une *Cypridina* particulièrement grande, jusqu'à 1,5 centimètre, depuis les îles Edward et Crozet jusqu'à la Nouvelle-Zélande.

Toutes les mers fourmillent de Copépodes. A 2,850 brasses, on trouva des Cirrhipèdes attachés à des roches de manganèse à la limite septentrionale du bassin profond à l'ouest de l'océan Atlantique du nord, et à 2,800 entre le Japon et les îles Sandwich des femelles de *Scalpellum regium* W. T., ayant 6 centimètres de longueur, ressemblant à des espèces fossiles pour le mode de croissance des carapaces qu'on appelle des *Scuta*, qui protègent la chaux par une épaisse membrane supérieure, portant sous le bord de la scuta chacune de 5 à 9 mâles, ayant 2 millimètres de longueur, ayant la forme de poches et des antennes d'attache, conservées de l'état de larve de *Cypris*. Sur des Ophiurides, à 500 brasses près des îles Méangis, on trouva aussi des Cirrhipèdes, et sur les piquants de l'oursin Phormosoma, dans la mer profonde, les espèces *Lepas* et *Alepas*. Près de l'équateur, entre l'Afrique et le rocher de Saint-Paul, on en prit avec beaucoup d'autres animanx à 2,500 brasses.

Mollusques. — Parmi les Céphalopodes, le *Nautilus* a une énergie bathymétrique assez forte. Près des Fidji, ils sont fort ordinaires dans les eaux supérieures; près de Matuca, on en prit à 310 brasses. Près de l'île de Bandaneira, dans l'archipel d'Aru, on pêcha à 360 brasses une seule coquille spiralique avec l'animal, probablement vomi par un *Macrurus*. On n'a pas trouvé dans la mer profonde de nouveaux représentants des espèces fossiles, des Céphalopodes. Sur le banc le Have, on prit des *Sepiola* à 83 brasses; près des îles Méangis, à 500 brasses des Cirroteuthis, qui passent à la surface dans les régions antarctiques, parce qu'ils aiment l'eau froide.

Les Gastéropodes et les Lamellibranches ne vont pas en général à de grandes profondeurs. Quelques espèces isolées et rabougries sont très répandues. A 860 brasses, entre le cap Antonio de l'île de Cuba et Sand Key, A. Agassiz en trouva une quantité extraordinaire, parmi lesquelles quelques-unes très belles, mais de petite taille. Entre Montevideo et le Cap, à 2650 brasses, on trouva des Stylifères, qui sont les

parasites des Echinodermes; sur des Holothuries dans la vase jaunâtre des Globigérines des profondeurs de l'océan Atlantique, à 2740 brasses, les genres *Leda*, *Arca* et *Limopsis* en vie, et à côté d'un Trochidé, *Solarium*, à 1900 brasses, quelques valves fraîches d'*Avicula*, avec des dents de requins à 2435, probablement venues là dans des excréments de poissons, des Arondes perlières, *Margarita*, près de Kerguelen, à 1260 et 1675 ; une grande Voluta dans la mer du Sud, à 1600 brasses, et une grande bivalve de la profondeur près de Lima. Près de Ténériffe, on prit à 600 brasses des *Neira*, des *Lionsia*, des *Leda*, des *Limopsis*, des *Dentalium;* près des îles Meangis, à 500 brasses, des *Bulla* et des *Anomia;* dans le bassin à sol chaud près des îles Aru, à 1075 brasses, des Chitons et des Patelles, qui vivent ailleurs dans des eaux d'une température plus élevée. L'*Arca pectunculoides* et le *Limopsis borealis* sont communs à 200-1000 brasses entre Kermadek et les Fidji. Les Pectinidés vivent en parasites dans les *Euplectella*, comme le *Pecten vitreus* Chemnitz, dans *Moltenia*. Le banc le Have est, à 83 brasses, riche en *Fusus*, *Buccinum*, *Trophon, Yoldia*, *Astarte*, *Arca*. Les *Pectes*, les Pleurotomes, les Siphonies et les Cnemidies donnent au plateua de Pourtalès l'apparence d'un terrain de l'époque jurassique-mésozoïque ou plus ancien encore. D'après Gwyn Jeffreys, presque tous les mollusques de la mer profonde entre les îles Feroë et l'Espagne appartiennent au nord. Des débris du Gastéropode *Cuma* et des Astartes boréales, que des Suédois ramenèrent en 1868 de 2600 brasses, ne sont pas des preuves suffisantes que ces espèces vivent à cet endroit. Des espèces boréales rares, telles que *Buccinopsis striata*, J., et *Latirus albus* J., se rencontrent près de l'Angleterre avec des espèces canariennes et méditerranéennes, telles que *Tellina compressa*, Brocchi, et *Verticordia cortata* Philippi; la première se trouva aussi à l'état fossile, comme *Fusus Sarsii* J., et *Cerithium granosum* Word; la seconde va jusqu'au Japon, et avec des espèces mexicaines, telles que *Pleuronectia lucida*. Les couleurs ne manquent pas. Le *Dacrydium vitreum*, qui se construit, à 2435 brasses, une maison d'aiguilles spongiaires, de Foraminifères et de Coccolithes, a des raies brunes et vertes, la *Lima* de la mer profonde est d'un orange vif. Les Pectes, qui aiment les profondeurs, se distinguent par leurs yeux, qui, luisants comme des pierres précieuses, sont pour eux à la fois un organe et une parure, servant à voir et à être vus; un *Fusus*, trouvé à 1027 et un *Pleurotome* trouvé à 2098 brasses ont aussi des yeux très vifs. Les Trigonies d'Australie, qui jouent un rôle si important dans les étages géologiques depuis le trias jusqu'à la craie, ne furent pas trouvées au-des-

sous de 35 brasses près du cap York, près de Sydney, Port Jackson et la Tasmanie.

Les Brachiopodes ont été trouvés exceptionnellement au nord et au sud de l'océan Atlantique au delà de 1500 brasses. Ils ont besoin de pierres, de coraux, etc., pour s'attacher. On trouve *Terebratula cranium* et *T. septata*, sur les galets volcaniques des îles Feroë, et dans les mêmes conditions près des îles Meard et Crozet. A l'est des Philippines, ils viennent de 2000-2475 brasses; près de Cuba, *Terebratula Cubensis*, P., et *Terebratulina Cailleti*, Grosse, de 270, plusieurs *Cistilla* de 200-250, *Waldheimea floridana* P., de 110-200; près de Ténériffe, *Megerlea truncata* de 10 brasses. Quoique très répandus, ils ne sont pas nombreux ni en espèces ni en individus. Il est probable que dans les anciennes époques ils se sont surtout développés dans la mer profonde près des terres volcaniques. Dans la vase du bassin géologiquement ancien et peu profond près de Cébu, on trouva des *Lingula* en grandes quantités.

Les *Bryozoaires* se trouvent près du Japon jusqu'à 3125 brasses; dans des régions au reste stériles de 2000 à 3000 brasses, il y a entre autres des *Bicellaria* et des *Salicornaria* très belles. Les espèces ramifiées allongent ici leurs rameaux; les pédicules des aviculaires servant à attraper des proies et des vibracules sont très longs. Ceci attira l'attention dans une espèce trouvée près du cap Mesurado à 2500 brasses, et dans une autre trouvée à 2175 brasses dans la partie nord de l'océan Atlantique; les pédicules des aviculaires atteignaient 4-5 millimètres. Des espèces se rapprochant des *Farciminaria* se cramponnent dans la vase à 1900 et 1950 brasses, à défaut de terrain sur lequel ils puissent se fixer. Des espèces ressemblant aux *Lepralia* conservaient leur sculpture élégante au delà de 2000 brasses; une *Naresia cyathus* W. T., à 1525 brasses, près du cap Saint-Vincent, et plus loin à 1950 brasses, et particulièrement jolie. Elle a un pédoncule conique, transparent, comme un verre à pied, 6 centimètres de hauteur, avec une couronne élégante de filaments libres, longs et nombreux, ayant chacun des cellules de polypes en rangée. On pourrait la confondre avec une Crinoïde, et elle ressemble à la *Dictyonema* de l'époque cambrique.

Les Acéphales. — A l'est des îles Philippines, on trouva une *Cynthia*, haute d'un pied, avec un ganglion cervical de la grandeur d'un pois, la même à 55 brasses dans le détroit de Magellan; les Bolténies n'étaient pas rares à des profondeurs moyennes.

Les Annelés. — Aux plus grandes profondeurs, d'où l'on ne retira quelquefois rien d'autre, on trouve des Annélides tubicoles;

une *Ammocharide, Myriochele*, ayant 12 centimètres de longueur, n'ayant que 17-20 segments et pas de branchies céphalines, à 2975 dans l'océan Atlantique, à 2900 près des Fidji, à 3125 entre le Japon et les îles Sandwich; des tubes vides, construits par les vers avec de petites coquilles de Polythalamies, à 2650 près des Bermudes, et une espèce qui creuse dans la vase à 1875 et 2800 au sud-est du Japon. A côté de celles-ci, il y a, près du cap Mesurado, à 2500 brasses, une espèce à branchies dorsales et à soies articulées, longues et blanches, et sur le plateau de l'Atlantique une Euphrosine à 1525 brasses. Dans les mers du Nord, on en trouva à 2435 et à 1443 brasses, surtout pendant l'expédition de la *Porcupine*. De toutes les familles établies dans cette classe par Halmgren, il n'en manqua que deux à Ehlers, dans les profondeurs de plus de 300 brasses : les Télétuses et les Hermellides, qui habitent les rivages, et il en prit sept espèces dans un coup de filet à 1380 brasses. Le *Syllis abissicola* Ehlers est la seule espèce qu'il ne trouve pas à moins de 1000 brasses, quelques autres paraissent exiger 500 brasses comme minimum; l'énergie bathymétrique des individus isolés est très grande. De 52 espèces qui dépassent 500 brasses, il paraît jusqu'à présent qu'il n'y en a que dix qui ne se trouvent pas au-dessus de la ligne de 100 brasses, ou qui sont bathyphiles. Comme les vers marins n'ont pas besoin de végétaux frais pour vivre, il y a un obstacle de moins pour leur extension. Ils présentent aussi moins de particularités, et, quoique les variétés de Kerguelen décrites par Grube ne soient pas petites, on ne trouve pas des espèces si extraordinairement grandes comme dans d'autres classes.

Les espèces de la mer profonde sont ordinairement colorées; beaucoup de celles qui vivent au delà de 500 brasses sont cependant privées d'yeux, quoique des espèces très voisines en soient pourvues. La température de l'eau près du fond a la même importance pour l'extension des espèces que près des côtes ; le caractère arctique domine. Près des îles Fidji, on ramenait presque toujours des Aphroditacées, des Glycérides, des Clyménidées ; près d'Enosima la récolte était la même ; à 83 brasses, sur le banc le Have, on trouva abondamment des *Aphrodites*, des *Onuphis* et des *Sabella*. Une Aphroditacée vit en parasite dans les *Eplectella;* celles des *Comatula* prennent les couleurs de leur hôte.

Quelques espèces de *Géphyriens* sont très répandues ; *Halicryptus spinulosus* Sieb., vit depuis le Groënland et Spitzberg jusque dans la mer Baltique ; *Chætoderma nitidulum* Loven, depuis 15 brasses près de la côte occidentale de la Suède jusque dans la gouttière profonde, à 664 brasses près de l'Écosse et à 390 brasses dans le passage

de Culebra. Quelques espèces remplissent les lacunes entre d'autres déjà connues ; *Leioderma*, trouvé près des îles Aru, à 1,945 brasses, se place entre *Thalassema* et *Echiurus*, entre les Sipunculides et les Priapulides, parce que l'anus est plus rapproché de la bronche et que la trompe manque cependant. On retira des *Sternapis* de 700-1100 brasses près de la Nouvelle-Zélande. En général, les Géphyriens vivent, dans les régions antarctiques, dans les eaux tempérées.

Les *Myzostomides*, dont la classification offre quelques difficultés et qu'on ne connaissait jusqu'alors que comme parasites des *Comatula*, ont été trouvés non seulement sur ces animaux à des profondeurs généralement moyennes, près de Halifax, dans la mer des Moluques, etc., mais on a découvert de nouveaux genres avec de grandes espèces sociablement encapuchonnés dans des Pentacrinus à 500 brasses, et dans d'autres Pentacrinoïdes : *Bathycrinus* et *Hyocrinus*, à 1,375 brasses.

Les *Nématodes* vivent aussi dans les plus grandes profondeurs. Les Crevettes de la mer profonde, dans le golfe de Guinée et près du rocher de Saint-Paul, à 2,500 brasses, étaient infectées de grandes larves de Nématodes, ressemblant à des *Gordius*, et des Nématodes libres, de couleur foncée, furent trouvés dans la vase jusqu'à 1,950 brasses.

On vit par un morceau retiré d'une profondeur de 2,500 brasses, près du cap Mesurado, que dans la mer profonde il y a une espèce très grande du genre *Balanoglossus* remarquable par la disposition de ses branchies. On trouva des *Polygordius* près du Japon.

Les Echinodermes sont abondants et variés en espèces jusqu'à la profondeur de 1,000 brasses. Dans les mers antarctiques ils sont encore plus nombreux que les Crustacés au-delà de 1,000 brasses, cependant leur nombre diminue dans les profondeurs extrêmes. Ils fournissent des éléments précieux pour la conception du mot classe, et des traits d'union remarquables avec les époques géologiques. L'analyse anatomique pourra décider si des Oursins réguliers et irréguliers ressemblant d'une manière extraordinaire à des Holothuries indiquent aussi une relation intérieure entre les deux classes.

Un coup de filet rapportant 2,000 *Echinus norvegicus* Duben et Koren, du plateau près des îles Shetland, prouva que les Oursins forment de grands rassemblements. Le *Cidaris papillata* Leske, très rare auprès des côtes d'Angleterre, était l'espèce la plus commune entre 250-500 brasses. L'extension géographique dépend de la profondeur de la mer.

Echinus Tlemingii esculentus, *Psammechinus miliaris*, *Echino-*

cyamus angulatus, *Amphidetus cordatus* et *Spatangus purpureus*, qui vivent sur des bas-fonds près des côtes anglaises, et probablement l'espèce de la mer profonde, *S. Raschi*, paraissent être des espèces essentiellement celtiques ; *Cidaris papillata*, *Echinus elegans*, *Norvegicus*, *rarispina*, *Brissopsis lirifera*, *Tripylus fragilis*, des profondeurs moyennes, étaient aussi connus dans la mer scandinave ; les variétés de *C. papillata*, *C. hystrix* et *C. affinis*, *E. melo*, *Toxopneustes brevispinosus*, *Psammechinus microtuberculatus* et *Schizaster canaliferus* vivent aussi près du Portugal et dans la Méditerranée. Les nouveaux genres trouvés dans la mer profonde par l'expédition du *Porcupine* : *Porocidaris purpurata*, *Phormosoma placenta*, *Calveria hystrix* et *fenestrata*, *Neolampas rostellatus*, *Pourtalesia Jeffreisii* et *phiale*, ont été trouvés en même temps sur le plateau de Pourtalès. Mais le *Challenger* trouva à 425 brasses près de l'île de l'Ascension et à 1,000 près de Tristan d'Acunha, *E. Flemingii*, qui est par conséquent répandu sur tout le plateau, et *C. hystrix*, à 460 brasses près de Sombrero. *E. angulatus* et *Echinocyamus*, la forme de jeunesse du *Stonoclypus* américain, paraissent seulement avoir été entraînés par le Gulfstream, comme des enfants perdus des Antilles.

Les Echinides, vivant spécialement dans la mer profonde, se rattachent à ceux de l'époque crétacée. Le *Porcupine* retira sous 59° 46′ nord, à 445 brasses, la grande *Calveria hystrix* W. T., d'un rouge carmin, qui a, au lieu du test raide des Oursins, des plaques qui s'imbriquent de la bouche jusqu'au sommet dans les espèces à pieds et dans l'ordre opposé dans les espèces sans pieds, de sorte que l'*Echinus* s'aplanit tout à coup comme une crêpe, en rentrant de très petites plaques. Une autre espèce, *C. fenestrata*, fut trouvée près de l'Ecosse, de l'Irlande et du Portugal. Une troisième forme, flexible aussi, mais avec très peu de plaques imbriquées, appartient à un genre particulier, à cause de l'affaiblissement du caractère des rangées de plaques des pieds du côté de la bouche. Woodward la rattacha au genre fossile de la craie : *Phormosoma placenta*, qui se rapproche beaucoup de l'*Echinothuria floris* de la craie et auquel on ne connaissait jusqu'à présent pas de représentants vivants. Ils constituent la famille des Echinoturides. Du genre *Phormosoma*, on trouva *P. uranus* W. T., à 1,525 brasses, près du cap Saint-Vincent, et sur les fonds d'Euplectella, près de Cebu, *P. hoplacantha* W. T., près d'Enosima, lorsqu'on pêcha sur les fonds d'Hyalonema au Japon, à 565-770, plus loin, dans la direction des îles Sandwich, à 1875-3125, près de l'Australie, à 410 brasses. On vit dans cette der-

nière espèce que des piquants placés autour de la bouche et terminés en forme de pelles servent à remuer la vase. *Pourtalesia miranda* A. Agassiz, trouvé près de la Floride, représente la famille des Ananchytides, connue depuis l'oolithe inférieur jusqu'à la craie, mais qu'on croyait éteinte. Le test est inapparent, étroit, allongé et se termine sous l'anus dans une espèce de queue. Trois rangées de pieds de devant vers le dos se réunissent bientôt, en s'éloignant de la bouche, avec quatre ouvertures génitales et avec la plaque madréporique, en un sommet antérieur, tandis que les deux autres rangées se dirigent sur le ventre vers l'anus, près duquel elles atteignent un second sommet, postérieur, séparé du premier par un groupe particulier de plaques. Ce genre se trouve aussi près de l'Ecosse à 2,800 brasses, entre le Japon et les îles Sandwich, à 345, près d'Enosima, de 7 jusqu'à 1,100 brasses sur la côte orientale de la Nouvelle-Zélande, à 1,600 près des îles Edward et Crozet. Une espèce voisine, *Alceste bellidifera* W. T., trouvée près de Sandy Hook, à 1,700 brasses, a un sommet postérieur et cache, dans un enfoncement occupant presque tout le dos, les sillons des pieds antérieurs, qui portent deux rangées de pieds, se terminant en fleurs, avec de grands disques soutenus par des plaques de chaux. *OErope rostrata* W. T., trouvée à 1,240 brasses, à 8-10 pieds tubulaires des sillons antérieurs, comme la *Pourtalesia,* sur le sommet placé devant avec la plaque madréporique et quatre ouvertures génitales; la bouche, tournée vers le sol, est entourée de grands tentacules. A 2,650 brasses vers les Bermudes on trouva, se rapprochant beaucoup de l'*Ananchytes ovata* commune de la craie, la *Calymene relicta* W. T., ayant 3 centimètres de long avec deux sommets et seulement deux ouvertures génitales, probablement identique avec l'espèce de 20 centimètres trouvée près de Tristan d'Acunha. Aux environs de Juan Fernandez et près de Valparaiso, on trouve des Ananchytides pareils; l'espèce Alceste vit près de Montevideo, à 1,900 brasses près de la Nouvelle-Ecosse, près de l'île Gomera, près de la Nouvelle-Zélande et près du Japon. D'autres genres se rattachent aux *Infulaster* et aux *Micraster* de la craie, les *Paleopneustes* de 100 brasses près de la Barbade aux *Asterostoma* fossiles de Cuba; les *Neolampas* ressemblent déjà plus aux Spatangues modernes. Dans les mers antarctiques, on trouve plus de formes anormales que dans les mers arctiques. Une famille d'Echinides réguliers, les Salénidées, avec une plaque supplémentaire sur le sommet, qu'on croyait jadis particulière à la craie et qu'on a trouvée aussi dans le miocène australien, *Salenia tertiaria* Tate, a été trouvée vivante par l'espèce *S. varis-*

pina, A., non seulement près de la Floride et à 390 brasses dans le passage de Culebra, mais encore à 1,525 près du cap Saint-Vincent, à 1,800 près du cap Mesurado, à 1,425 près de Tristan d'Acunha. Une collection d'Echinides de la mer profonde ressemble plus à l'étage crétacé qu'à la faune des profondeurs moindres des mers d'Europe.

Dans les mers antarctiques, certains Echinides, comme d'autres Echinodermes, prennent un soin particulier de leur progéniture. *Goniocidaris canaliculata* Ag., garde les embryons sous des groupes de piquants près des ouvertures génitales. *Cidaris nutrix* W. T., les garde près de la bouche, jusqu'à ce qu'ils aient atteint quelques millimètres et qu'ils aient acquis leur forme et leurs moyens de protection. Chez *Hemiaster Philippi* Gray, près des Falklands et de Kerguelen, les plaques des quatre rangées latérales de pieds s'amincissent en poches dans lesquelles les grands œufs sont abrités par des piquants, au fond de la figure en forme de fleur empreinte dans le dos.

Si les *Pourtalesia* se rapprochent des Holothuries par leur apparence antérieure, et les *Calveria* et les *Phormosoma* par leur flexibilité, il en est de même pour *Psolus ephippifer* W. T., de l'île Heard, à 75 brasses, par la forte calcification du dos et par l'arrangement de plaques fongueuses en bouclier protecteur pour les œufs. Cependant dans les profondeurs, dont le traîneau les ramène très facilement, les Holothuries sont pauvres en chaux, même les pièces de l'anneau buccal, gélatineuses, quelquefois transparentes comme du verre, avec des intestins transparents et probablement phosphorescents, quelquefois colorées. On en trouva une à 1900 brasses sur le banc Yucatan avec des raies cramoisies en long et en large. Une belle espèce violette, voisine comme la précédente de *Psolus*, trouvée au sud du cap Saint-Vincent, avait un creux stomacal étroit et, sur le dos gélatineux et épais, des opercules tendres des ouïes se reliant à un vaisseau ambulacral. Dans les profondeurs antarctiques à 2600 brasses, près du cap Mesurado à 2500, on trouva beaucoup d'Holothuries. Entre 2 et 300 brasses, on trouva près de l'Ecosse la tendre *Echinocucumis typica* Sars, et une fois aussi *Psolus squamatus* Koren, en très grande quantité. A l'est de la Nouvelle-Zélande, à 7-1100 brasses, on rencontra des *Caudina* sans pieds. Un *Psolus* près de l'île Heard portait sa progéniture sous la membrane dorsale soulevée. Une *Cladodactyle crocea* Lesson, transparente, trouvée dans des îles de varech *Macrocystis pyrifera*, était pourvue de très grands tentacules et portait, à chaque rangée dorsale de pieds, environ une douzaine de pe-

tits, qui avaient aussi de grands tentacules, mais jusqu'à la grandeur de 4 centimètres, des pieds plantaires chétifs. Une petite *Chirodota* pêchée dans le détroit de Magellan, près de l'île Jason, se distinguait par le nombre et la grandeur des petites roues dans la peau. La matière, qui donnait une couleur pourpre à une Holothurie gélatineuse, longue de 10', trouvée à 1975 brasses dans la mer du Sud, donna presque le même spectre à Moseley que la matière colorante de l'*Antedon*.

On trouve les *Astéroïdées* dans toutes les profondeurs moyennes; la *Brisinga de Labrador*, trouvée pour la première fois en 1853, par Absbjörnsen, vit partout dans les mers antarctiques de 400-3000 brasses. *B. coronata*, Sars, de la côte norvégienne, qui se rapproche des Ophiurides par la longueur et la ténuité des treize bras rétrécis à la racine et par l'étroitesse de la cavité stomacale, et qui ressemble parmi les Astéroïdées le plus à *Solaster papposus* Forb, trouve vers le nord et vers l'ouest un remplaçant et un compagnon dans *B. endecacnemos* Absbj., qui est lisse. Ils sont tous les deux d'un beau carmin, tirant vers l'orange et l'écarlate, éclairant tout le filet, une vraie *Gloria maris*. La seconde espèce paraît la plus commune. On a trouvé des *Brisinga* à 2350 brasses près de l'Ascension, à 390 dans le passage de Culebra, à 1525 dans l'Atlantique septentrional, à 1250 près de la Nouvelle-Ecosse, près de Kerguelen et de l'île Heard jusqu'à 62° S., à 2440 entre Api et le cap York, à 2000 et plus près des îles Meangis, à 2600 entre le Japon et les îles Sandwich. Le genre le plus répandu dans la mer profonde est *Hymenaster*, dont les bras sont reliés par une membrane tendre soutenue par des espèces de côtes; il est d'un rouge carmin vif. On le trouva à 1125 brasses près de Vigo, en compagnie de *H. Pellucidus*, à 5000 brasses près de l'Écosse, de 400 à 2500 dans toutes les parties du grand Océan, à 1800 avec *H. nobilis* W. T., près de l'Australie, à 565 et à 770 près d'*Enosima*, à 1070 près des îles Meangis. Parmi les espèces qui vivent à de très grandes profondeurs, on compte ensuite *Archaster* et le singulier *Porcellanaster*, trouvé à 2350 brasses près de l'Ascension, qui se distingue par de longs piquants sur le dos de chaque bras. Plusieurs espèces ont des soins particuliers pour leur progéniture; *Leptychaster Kerguelensis*, O. Sm., garde ses petits entre les papilles de sa membrane dorsale, jusqu'à ce qu'ils sortent par des orifices à la naissance des bras; *Hymenaster nobilis* et *Pteraster* ont à leur sommet cinq grandes valves, et un *Asteracanthion*, de Falkland, forme un abri pour les embryons en repliant les bras au-dessus de la bouche, comme *Echinaster Sarsii*, M. T., dans le Nord. *Luidia*, *Astrogonium*, *Astropecta*,

Zoroaster, qui est rouge et phosphorescent. ont tous été trouvés dans la mer profonde. A 62° de latitude S. et à 1800 brasses, la mer était riche en grandes Astéroïdées.

Près des îles Heard, Kerguelen et Bahia, à la sortie du détroit de Magellan, près du cap Virgin, on trouva des *Euryales* avec un disque de 3-4''. Les Ophiurides sont parmi les habitants les plus répandus de la mer profonde, entre autres les genres *Ophiomusium,* nom donné d'après les plaques calcaires arrangées en mosaïque, surtout dans l'espèce *O. eburneum* de la Floride, et *Amphiura.* L'*Amphiura du Chili* ne diffère en rien de celles de la mer arctique. *Ophioceramis Januarii* est répandu depuis les Indes occidentales jusqu'à la Patagonie; *Ophiomusium Lymani,* de la Norwège, jusqu'au sud du cap Saint-Vincent à 1090 brasses, près de la Nouvelle-Ecosse à 1250, près de Tristan d'Acunha à 1000; on en trouva une espèce à 2650 près des Bermudes; *Ophiopholis* est la principale nourriture des cabéliaux; *Ophioglyphe bullata* se trouve à 2350 brasses près de l'Ascension, une autre espèce à 2650 près des Bermudes. Les ophiurides antarctiques ont fourni des faits nouveaux de viviparité et de protection des embryons. Une *Ophiacantha* des îles Falkland est vivipare; *Ophioglypha hexactis* E. Smith (*vivipara* W. T.), de Kerguelen, avec 6-9 bras, porte ses petits sur son dos. Ces précautions plus grandes des Echinodermes antarctiques pour leur progéniture peuvent être attribuées aux conditions défavorables que les larves rencontreraient entre les glaçons et dans la glace fondante.

Parmi les *Crinoïdées*, on a trouvé *Comatula* ou *Antedon*, qui se détache tout jeune en grandes quantités près de l'Amérique du Nord, à 51 brasses près de Halifax, à 1250 près de la Nouvelle-Ecosse, près du rocher Saint-Paul, nombreux encore à 7-20 brasses, près de Bahia, près du Groënland, près de l'Ecosse et de la Norwège, dans la Méditerranée, près des îles Meangis, près d'Enosima à 565-770, plus loin du Japon aussi à 2800, près du cap York à 8-12; il y a là tout au moins plusieurs espèces. Le *Rhizocrinus*, tenant le milieu entre *Antedon* et le *Bourgetecrinus* de la craie ou le *Belemnocrinus* d'Yowa, qui se cramponne dans la vase à l'âge adulte et dont la tige svelte se déploie en bras élégant, n'était d'abord connu que par le *R. loffotensis*, Sars, du nord de l'océan Atlantique. Pourtalès y ajouta *R. Ransonii* de la Floride, plus grand, dont on a retrouvé quelques exemplaires, qui vécurent 10-12 heures, près de Barbados, à 80-120 brasses. A. Agassiz retira, près de Sand Key, le filet si plein de Rhizocrines comme s'il y en avait une forêt sur le sol rocailleux. La première espèce se trouve aussi dans le passage de Culebra à

625 brasses, en grand nombre près de Sandy Hook à 1350, près du Portugal et entre S. Miguelo et S. Maria dans les Açores à 400, et, perforé par des Stylifer à 1000 brasses près de Tristan d'Acunha. Dans le golfe de Biscaye, on a trouvé pour la première fois à 2435 brasses la tendre *Bathycrinus gracilis* W. T., une espèce en quelque sorte intermédiaire entre Antedon et *Rhizocrinus*. Près du cap Mesurado, à 1500 brasses, on trouva des *B. Aldrichianus* W. T., ayant 20-25 centimètres, le double de la hauteur de ceux qu'on avait trouvés jusqu'alors. Au même endroit fut trouvé *Hyocrinus bethellianus* W. T., voisin du *Platycrinus* paléozoïque, avec un calice de 6 centimètres sur une tige de 17 centimètres, qui, par ses plaques courtes et fortement emboîtées, se rapproche du *Pentacrinus;* près des îles Crozet, le même genre à 1375 brasses, près des îles Meangis à 2325. Après les grandes espèces connues de ce genre, le *P. asterias* L., assez rare, et le *P. Mülleri* Œrst, un peu plus commun dans la mer des Antilles, Jeffreys trouva en 1870, près du Portugal, à 1095 brasses, le *P. Wyrille-Thomsoni* J., plus petit et ayant des bras à sa tige; le *Challenger* trouva à 400 brasses le *P. Maclearanus* W. T., rapproché du précédent. De grandes Pentacrines d'un rouge pourpre paraissent être restreintes à certaines localités, mais plus communes qu'on ne le croyait, à des profondeurs de 3-500 brasses. Elles sont nombreuses à 100 brasses sur les fonds d'Euplectella près de Cebu, à 630-650 près des îles Kermadec, à 126 près des îles Key, à 500 près de Meangis, à 375 près de Tanglao et de Siquijor dans les Philippines. Des bras et des débris de tiges innombrables couvrent la terre au nord de Cuba. Le *Holopus Rangii* d'O., sans tige, qu'un pêcheur prit à l'hameçon de sa ligne, à la Barbade, a été retrouvé ailleurs. Un M. Bertram aux Bermudes possédait un individu très analogue, ayant 3/4 de longueur, et un jeune, pris à 2-300 brasses, arriva dans les mains d'A. Agassiz. Ces Crinoïdées vivantes, dont beaucoup doivent encore être disséquées, forment maintenant déjà une liste longue et variée, et font revivre ce qui paraissait avoir péri depuis des centaines de milliers d'années.

Siphonophores. — Trois nouvelles espèces de Siphonophores: *Rhizophysa conifera* S., *R. inermis*, S., et *Bathyphyssa S. abyssorum,* pendaient en quantité au câble de remorque, de 12-1500 brasses depuis le commencement du câble, mais elles ne furent jamais prises dans des filets allant jusqu'à 200 brasses. Von Studer pense donc qu'elles nagent à la première profondeur indiquée.

Acalèphes et Polypes. — L'expédition de Pourtalès fournit 71 espèces de polypes hydroïdes, dont 64 nouvelles, surtout des Plumulaires, dont deux espèces sont identiques à celles d'Europe, ainsi que *Sertu-*

larella Gari. Six espèces venaient de profondeurs de plus de 300 brasses et douze de plus de 200. *Cladocarpus paradisea* AL., atteint 14″ et ressemble à un panache ramifié. *Aglaophenia rigida* AL., atteint 9″, et plusieurs autres espèces 6-8″. Jusqu'à 90 brasses et plus de profondeur, on trouve des formes gymnoblastes, pour lesquelles il est tout au moins possible que les gemmes, dépourvus de capsules, deviennent libres comme Acalèphes. Les Polypes vivent à des latitudes très élevées et à de grandes profondeurs. *Hydrallmania falcata* vit dans les mers d'Europe de 5-542 brasses, *Thuiaria articulata* de 50-632, *Sertucellaria polyzonias* depuis la limite de la marée jusqu'à 374. Deux *Thuiaria* furent trouvées dans de l'eau au-dessous de 0° à 640 brasses, une *Lafoea* à 345, *Stephanocyphus* sur des os de baleines près de Bahia à 2,275. On en trouva à 1,525 brasses sur le plateau atlantique. Dans le voyage du *Porcupine*, on trouva un Polype, qui fut perdu, à 2,435 brasses. Le *Monocaulus* rouge et jaune, se rapprochant du genre *Coryphorma*, est le roi des Polypes; il a 2 mètres de hauteur, avec un calice et une couronne de tentacules de 40 centimètres, et fut trouvé à 1,850 et 2,900 dans l'océan Pacifique du nord. Au sud de Montevideo, à 2,040 brasses, et une autre fois ailleurs, on trouva dans le filet un *Cassiopeia* du groupe des Rhizostomes.

Des *Actinies* blanches, coriaces, furent trouvées près du Japon à 565 brasses, quelquefois de très grandes aux plus grandes profondeurs : 2,050, 2,800 et 3,125 brasses; des Discosomes à 1,315, près de Juan Fernandez. On fit une grande récolte d'Actinies sur les bancs d'Euplectellas. Les intestins de l'Actinie blanche de la mer profonde sont colorés avec la même matière rouge que les Polypes *Ceratotrochus*, la polypérythrine.

Les Coraux de la mer profonde vivent en général en colonies sur le sol rocheux; ce sont pour la plupart des Turbinolides solitaires. Presque tous les genres remontent jusqu'à l'époque tertiaire et plusieurs au delà. Des 42 espèces trouvées par le *Porcupine*, aucune n'avait ces dépôts cellulaires extérieurs, qui forment, en s'agrégeant, les bancs de coraux des grandes mers; 9 de ces espèces appartiennent aussi à l'étage pliocène, une à l'étage miocène, une à la craie, et cinq espèces remontent à des époques antérieures. A 80,120 brasses, les nombreuses espèces de la Barbade ressemblent beaucoup plus aux espèces de l'époque tertiaire de l'Europe qu'à celles des Indes occidentales; à tel point que 40 genres, 22 de la profondeur et 18 littoraux, concordent; presque tous forment des bancs de corail. La faune européenne de la mer profonde passa vers l'Occident et se

maintint lorsque celle des Indes occidentales périt en grande partie. D'après Moseley, 10 genres seulement descendent jusqu'à 1000 brasses, 4 jusqu'à 1,500; *Fungia symetrica* P., seule vit au delà de 1,600 et à tous les étages depuis 30-2900 brasses. De même que dans le détroit de la Floride à 350-450 brasses, elle se trouve au nord et au sud de l'océan Altantique à 60° de distance, au nord de l'océan Pacifique à 2,850 brasses comme au sud et près des Moluques; elle prospère sur tous les sols, sur la vase des coraux, sur les Globigérines, quoique plus fragile sur des Diatomées et sur l'argile rouge, entre des *Madracis;* dans des températures de 1-20°, elle fut retirée d'une profondeur de 2,300 brasses avec des œufs mûrs. Quelques *Flabellum* comprimés et simples se trouvent aussi à de grandes profondeurs, *F. laciniatum* à 400 brasses près des îles Feroë, *F. distinctum* près du Portugal, *F. alabastrum* M., à 1000 brasses près du cap Miguelo, *F. apertum* M., *F. angulare* M., à 1,250, ce dernier arrangé d'après le nombre cinq, avec 40 cloisons, d'autres encore vivant près de la surface sur les fonds si peuplés près des îles Aru et Cebu. Plusieurs espèces de *Stylaster*, dans les Indes occidentales, en Australie, dans les Indes orientales, près de Tristan d'Acunha, et notamment la *Cryptohelia pudica,* Mil. Edw. dont la bouche est recouverte d'une espèce de bouclier formé par une paroi du calice, à la Nouvelle-Guinée et à 1,525 brasses près de Saint-Thomas, perdent insensiblement la structure particulière des Stylastérides, dont les tentacules sont placés, comme Sars le découvrit dans l'espèce *Allopora*, sur et non entre les cloisons, qui sont toutes pareilles. Dans l'océan Atlantique, on trouve quelquefois des *Ceratotrochus*, qu'on avait cru disparus depuis l'époque tertiaire, avec de fortes nervures, et ayant des espèces de cornes formées par le développement des deux premières cloisons; *C. nobilis* M., a été pris vivant à 1000 brasses près des Açores, déployant des tentacules d'un rouge vif sur un disque couleur d'œillet pâle, avec un cercle rouge autour de la bouche, des bandes d'un bleu tendre, et des raies d'un rouge jaunâtre et d'un gris clair entre celles-ci, et *C. diadema,* M., à 675 brasses près du cap Agostinho, près de Pernambuco. *Favosites,* qu'A. Agassiz trouva sous l'équateur près de Cuba de 292-850 brasses, remonte bien plus loin, aux étages silurien, dévonien et carbonifère, refoulant les Polypes. Les petites *Madracis asperula hellena* recouvrent en quantité les bas-fonds poissonneux des Bermudes. *Caryophyllia* est l'espèce la plus commune dans la profondeur des mers d'Europe et des autres parties du monde. *C. borealis* Fleix., trouvé à 705 brasses près de l'Irlande et à 1,250 près des Bermudes, est fossile en Sicile.

Lophohelia et *Amphihelia* préfèrent les profondeurs moyennes.

Les *Alcyonaridés* sont très nombreux dans les eaux froides à 500-1000 brasses de profondeur, surtout *Mopsea* et *Primnoa*. Dans les plus grandes profondeurs, on trouva partout une espèce d'*Umbellularia U. grönlandica* L., à plus de 2000 brasses entre le cap Vincent et l'île de Madère, une espèce dans le golfe du Mexique à 1,568, une autre à l'ouest d'Api à 2,440, près d'Enosima à 565 et à 770, près du Japon à 2,050, neuf fois à 12-2600 dans l'Océan antarctique, même sous 62° S., entre les îles Shetland et l'Islande à 400 brasses. Des Gorgonides à phosphorescence lilas étaient nombreux à 600 brasses près du cap Vincent et atteignaient 2′ de hauteur. Une Isidée morte, de 2″ de diamètre, sur le plateau atlantique, à 1,525 brasses, avait pris extérieurement la teinte noirâtre du manganèse. Des Pennatulides de 2-3′ furent retirés près de la Plata de 600 brasses de profondeur; entre le Japon et les îles Sandwich, on en trouva de pareils aux énormes *Funiculina finmarckica* des côtes de la Norwège. *Cornularia* aussi atteint dans des profondeurs allant jusqu'à 3,125 brasses plusieurs centimètres au lieu de quelques décimètres de longueur. On a pu faire l'analyse spectrale de la phosphorescence des *Mopsea*, des Virgulariés et des Umbellulariés. Elle donna, à la première lumière de B — F, à la seconde de *a* — E, à la troisième de D — *b*. La phosphorescence augmentait pour un moment au contact de l'eau douce.

Spongiaires. — Des Hexatinellides, qui rappellent les espèces des étages crétacé et paléozoïque, se trouvent en grand nombre parmi des Pentacrines, des *Echinites*, des coraux tertiaires dans l'océan Atlantique, près du Portugal et du Brésil, à environ 1000 brasses. *Aphrocallistes*, la corbeille de Vénus, la *Holtenia*, qui a la forme d'un citron avec des aiguilles rayonnant en cinq directions, *Rossella*, *Farea*, *Euplectella*, *Hyalonema* sont des espèces cosmopolites et s'affermissent presque toujours dans la vase avec des pédoncules ou des barbes d'aiguilles silicées. Dans l'océan Atlantique à 1240 brasses, dans le golfe du Mexique à environ 1900, et près de l'île Saint-Thomas, *Hyalonema toxeres* W. T., qui a un peu la forme d'un œuf, et *H. lusitanicum*, B., près du cap Vincent, à 525 brasses, et près des Butts of the Lews à 500 brasses, étaient généralement revêtus du corail *Palythoa*, commençant aux jeunes exemplaires; mais le *Hyalonema* du Japon, à 2800 brasses, quoique ayant 4″ de longueur, en était dépourvu. Il se trouve partout, comme au Japon sur un sol plus clément, mêlé à une faune nombreuse de la mer profonde. Entre Kermadek et les îles Fidji, on en trouva une aiguille plus forte qu'une aiguille à tricoter.

On trouva une *Euplectella* presque longue d'un pied, mince, cyathiforme, *E. Suberea* W. T., dans la gouttière entre le Portugal et les Canaries, et plusieurs fois entre Montevideo et le Cap; une grande espèce voisine de *Suberea* vit à de grandes profondeurs près de Bahia Honda et près de Cuba. Les *Hyalonema*, les *Holtenia*, les *Aphrocallistes* abondaient déjà à 129 brasses près des îles Key; elles fourmillent dans la mer profonde entre Kermadec et les Fidji. La *Holtenia Carpenteri* W. T., des Butts of the Lews, de 500-1000 brasses, correspond avec la *Rossella* de la terre de Kerguelen. Les pierres du fond du courant froid arctique sont souvent incrustées de la *Tisiphonia agariciformis* W. F. Le fond de la mer antarctique est couvert d'aiguilles siliceuses. Le *Poliopogon amadou* W. T., jaune crème ou rouge d'œillet, ayant la forme d'un morceau d'amadou, se cramponnant dans la vase avec des touffes de grandes aiguilles siliceuses, trouvé à 1525 brasses sur le plateau septentrional de la mer Atlantique, vers la même profondeur dans le golfe du Mexique, à 630 brasses près des îles Kermadec, se rapproche des *Hyalonema*. La couleur qui réside dans la substance appelée sarcode devient plus vive lorsqu'on l'expose à l'air. Le *Challenger* trouva des *Lefroyella decora* W. T., ressemblant à de grossiers verres à champagne, dans la pâte coralline ressemblant à du mortier et presque dépourvue d'êtres vivants après les récifs des îles Bermudes. Après les éponges treillissées, on trouve dans les profondeurs de 500-1000 brasses beaucoup d'autres éponges siliceuses, surtout des Espériades, des Lithistides, des Géodides, et beaucoup des aiguilles trouvées appartiennent à ces espèces; les Eponges cornées aiment mieux la zone des Corallines; les Eponges calcaires préfèrent la zone littorale, dans laquelle elles arrivent à une grandeur démesurée. Les éponges siliceuses sont remplies de Globigérines, et à leur surface pullule tout un petit monde de Mollusques, de Crustacés, d'Amphiures et d'Annelés.

Protozoaires. — Les faits les plus importants relatifs à ce groupe ont été signalés plus haut. Les Rhizopodes, trouvés déjà dans l'eau douce, puis à quelque profondeur dans la mer, par G. O. Sars, à 450 brasses près de la Norvège, ont, comme Norman l'a montré, une grande habileté architectonique pour assembler des matériaux, même lorsque les grandes profondeurs ne leur en offrent qu'un choix très restreint. Dix-sept espèces ont chacune une manière particulière de rechercher, d'arranger et de cimenter de petits fragments organiques et inorganiques. Les savants parviennent, à force de patientes études, à distinguer les genres *Spiroculina, Vulvulina, Astrorhiza, Lituola, Rotellina, Rhabdammina, Storthosphæra, Difflugia, Cyclammina,*

Marsipella, Fechnitella, Pilunina. Trochammina, Nodosaria, qui emploient de différentes manières des matériaux différents : du sable fin et grossier, des grains de couleur, le plus souvent de manganèse, de petites et de grandes aiguilles spongiaires, des tests de Globigérines, des Coccolithes, des débris de coquillages, tantôt séparément, tantôt élégamment assortis, faiblement ou fortement cimentés, polis ou rugueux. La *Nodosaria Schlichtii*, Reuss, les ramène aux époques géologiques antérieures ; mais les profanes sont émerveillés de voir que non seulement les animaux supérieurs savent se parer de couleurs variées, de formes élégantes et de reflets chatoyants dans les profondeurs silencieuses de l'Océan, mais que la matière inférieure aussi unit l'utile avec ce qui flatte les sens : *utile cum dulci.*

Pagenstecher.

LES LICHENS

Par M. Reess,
Professeur à l'Université d'Erlangen.

Les études botaniques de la dernière vingtaine d'années ont jeté une lumière inattendue sur la nature des Lichens. Les conclusions auxquelles on est arrivé sont aujourd'hui assez arrêtées et les questions principales assez bien résolues, pour permettre de traiter ce sujet en dehors du cercle restreint des lichénologues.

Ce que les botanistes appellent des Lichens, *Lichenes*, sont des formes végétales inférieures, ayant en général un caractère si particulier, que l'œil même du profane les reconnaît facilement. Les Lichens sont nettement distincts des Mousses par l'absence de feuilles et de couleur verte. Leur aspect absolument particulier empêche aussi, à de rares exceptions près, de les confondre avec les Champignons et les Algues.

Des nombres infinis de pieds de lichens de la même espèce, réunis au même endroit, recouvrent des rochers, des blocs de pierre, des murs, des écorces d'arbres, des plantes, et des poutres, le sol de la forêt et de la bruyère, d'une végétation naine, mais variée de forme et de couleur. Tantôt ils vivent en société avec des Mousses et des Algues, plus rarement avec quelques Champignons et des plantes phanérogames; tantôt ils sont l'unique parure des région nues et arides. C'est dans l'humus humide des forêts et sur l'écorce d'arbres pourrissants qu'ils prennent le plus de développement. Mais même dans les endroits où la neige éternelle du sommet des montagnes ou des contrées polaires repousse toute végétation plus délicate, les Lichens soutiennent encore leur vie tenace et modeste. Où les rayons brûlants du soleil font périr toute autre plante, les Lichens offrent encore une résistance opiniâtre : ils se dessèchent en croûtes pulvérisables, que la moindre humidité fait renaître à une lente croissance après des mois d'une mort apparente. Ils ont tous une vie de plus longue durée que l'exiguïté de feuille ne le ferait supposer.

Les Lichens aux formes les plus développées sont les Lichens-arbrisseaux, ramifiés en tous sens comme des arbrisseaux pendants ou dressés. Un des principaux est l'*Usnea barbata*, bien connu de tous ceux qui parcourent les bois de haute futaie. Ses rameaux gris, à grandes franges, flottent comme des crinières longues de plusieurs pieds sur les troncs des Mélèzes décrépits; réunis par centaines, ils

paraissent quelquefois étouffer des arbres entiers par leur croissance luxuriante. D'autres formes plus petites sont noires, grises, jaunes ou d'un vert grisâtre. Sur le sol sablonneux des forêts, sous les pins, les airelles et les bruyères, s'étend sur de grands espaces le *Cladonia rangiferina*, avec ses rameaux grisâtres ressemblant à des bois de cerf. Dans la vieille forêt domaniale située entre Erlangen et Nürnberg, on rencontre souvent des endroits où il ne croît absolument que ce Lichen et qui donnent en petit une image des prairies de lichens des pays septentrionaux, couvertes surtout du *Cladonia rangiferina* et d'un autre Lichen-arbrisseau, *Cetraria islandica*. Ce dernier, à tort nommé dans la pharmacie « Mousse d'Islande », est aussi dans nos contrées montagneuses un des principaux Lichens terrestres.

Des Lichens à rameaux plats, en forme de rubans, forment la transition vers le type des Lichens foliacés. Ceux-ci s'étendent sur leur substratum en relevant souvent leur bord très ramifié. Lorsque rien ne gêne leur développement, ils forment des disques plissés comme des cocardes à bords entaillés, et, s'ils sont comprimés, ils présentent des lobes irréguliers qui s'enchevêtrent. Le *Sticta pulmonacea*, employé jadis comme médicament sous le nom de « Mousse pulmonaire », en est un des plus beaux exemples.

Sur le sol couvert de mousse de nos montagnes boisées, on trouve souvent ces petites plantes très déchiquetées, parsemées de fossettes, d'un brun de cuir et veinées de blanc à leur face inférieure. Mais le Lichen jaune d'or (*Phycia parietina*) est le plus répandu, le plus apparent et le plus connu; il ne dédaigne aucun sol, depuis l'écorce à sucs nutritifs jusqu'au treillage de fer couvert de poussière.

Les Lichens-croûtes disputent souvent avec succès la place sur des écorces et des pierres aux Lichens-arbrisseaux et foliacés. Fondus intimement avec leur substratum, qu'ils creusent souvent, ne se laissant éloigner des pierres que par des acides qui dissolvent celles-ci, ils apparaissent à l'œil nu tantôt comme des écailles ou des pustules minuscules, tantôt comme des croûtes granuleuses, crevassées, verruqueuses, noires, grises, brunes, et quelquefois d'un jaune ou d'un rouge incandescent, ravivé par les ardeurs du soleil. Leurs formes les plus inapparentes ressemblent sur les plaques de chaux de Solenhofen à des haches à bords indécis, comme en laisserait l'haleine. Des Lichens plus visibles, tels que le *Rhizocarpon geographicum*, recouvrent les sommets rocheux de certaines montagnes, ou des monceaux de débris minéraux d'une croûte uniforme de couleur vive. La teinte jaune que le *Rhizocarpon* donne au cône tronqué du Lusen, dans la forêt de Bohême, rend celui-ci visible de loin.

II

Les anciens botanistes ne faisaient pas de distinction entre les Lichens et les Mousses. De là sont restés les noms populaires de Mousse pulmonaire, de Mousse d'Islande, au lieu de Lichen pulmonaire, Lichen d'Islande. Tournefort fut le premier qui fit une classe particulière, *Lichenes*, de ces végétaux, qu'il rangea entre les Algues et les Champignons (1694).

Depuis cette époque, la connaissance extérieure des Lichens, la distinction et la classification des espèces de Lichens se sont beaucoup développées. Peu à peu, les types relativement peu nombreux, dont les différences frappent même les yeux des indifférents, ont été divisés en plus de 5000 espèces partagées en beaucoup de genres, répandus sur toute la terre. Plus d'un millier sont représentés en Allemagne et en Suisse.

Mais ce n'est que depuis quelques dizaines d'années qu'on a étudié avec fruit la structure intérieure, la reproduction et les particularités vitales des Lichens. Les découvertes avérées qu'amenèrent ces études parurent d'abord des contradictions flagrantes et des énigmes insolubles. Nous allons tâcher de montrer comment ces contradictions se sont effacées et ces énigmes se sont résolues peu à peu.

Etudions d'abord l'anatomie du corps entier du Lichen. Il est facile de distinguer à l'aide de l'observation la plus superficielle les fruits ou *Apothécies* sur le corps végétatif ou *Thalle* des Lichens. Ce sont des corps ayant la forme d'une assiette, se trouvant chez l'*Usnea barbata* à l'extrémité des rameaux, et garnis de cils élégants; chez le Lichen pulmonaire ils se trouvent sur le bord inférieur du Thalle.

Le Thalle produit, en dehors de ses rameaux multiples, des organes de fixation qui remplacent pour lui les racines. Chez les Lichens-arbrisseaux, ce sont de simples disques d'attache à la base du tronc principal; chez les Lichens foliacés, ce sont des fibres ou *Rhizines*, qui pénètrent un peu dans le substratum. Quant aux Lichens-croûtes, on ne peut pas discerner à l'œil nu comment ils sont attachés au substratum. On ne peut les enlever sans les endommager.

Il s'agit maintenant d'étudier à fond les organes de reproduction des Lichens, à commencer par les fruits ou Apothécies. Leurs formes extérieures sont très variées. Les formes extrêmes sont, d'une part des disques plats, ressortant sur la surface, d'une couleur distincte et larges de quelques centimètres (Lichens gymnocarpes); d'autre part, des excavations microscopiques, sphériques ou en forme de gourdes,

dont on aperçoit tout au plus l'étroit orifice (Lichens angiocarpes). Certains Lichens-croûtes doivent leur nom de Graphidés à leurs fruits formant des raies en zigzag, ressemblant à des caractères foncés, tracés sur des écorces d'arbres de couleur claire.

La structure intérieure de tous ces fruits de Lichens est aussi semblable dans les points essentiels que leur apparence est variée.

Une coupe longitudinale à travers le centre du disque et de sa tige fait voir l'hyménium, dans lequel les semences microscopiques, ou les spores du fruit du Lichen se forment. L'hyménium repose sur une couche de tissu particulière, désignée sous le nom de *couche subhyméniale*. La base, consistant en une moelle peu compacte et en une écorce plus compacte, forme la transition avec le thalle. L'écorce forme au-dessus de l'hyménium un bord saillant, qui forme au jeune fruit une voussure fermée, ne se brisant que plus tard. Les fruits enfoncés des Lichens angiocarpes sont entourés directement par le tissu du thalle sans autre différenciation.

Au moyen d'un fort microscope, nous pouvons étudier en détail la structure du fruit. Nous voyons les particularités suivantes dans l'hyménium, la couche subhyméniale et la moelle.

La moelle est formée de filaments très ramifiés, entrelacés de manière à former presque un tissu tomenteux, dont les interstices sont remplis d'air. La couche subhyméniale consiste en filaments très enchevêtrés, ne laissant pas d'interstices, presque tous coupés ou blessés par le rasoir. Dans l'hyménium même, des filaments secondaires ou *paraphyses*, presque parallèles, se formant directement en grand nombre des filaments de la couche subhyméniale, se différencient des utricules (*Asci*) claviformes, qui produisent des semences ou des spores.

Les Asques ou utricules à spores (*Sporenschläuche*) sont pour nous le point important. Nous devons observer minutieusement leur structure, leur développement et leur rôle.

Ils se trouvent à tous les degrés de maturité et très rapprochés les uns des autres dans les fruits qui ont beaucoup d'utricules. L'utricule mûre contient en général huit spores fusiformes et bi-cellulaires. L'asque jeune au contraire est une cellule beaucoup plus petite, claviforme, remplie d'un mucilage aqueux et albumineux, le protoplasma. Il devient plus long et plus gros, émerge d'entre les paraphyses et différencie alors son protoplasma accru, dans lequel apparaissent simultanément huit petites cellules, comme les commencements de spores. La jeune spore consiste encore en une petite masse de protoplasma sans membrane. Bientôt une enveloppe de cellulose

se différencie à la surface. Ensuite la spore se divise en compartiments. Jusqu'à leur maturité, les spores croissent encore un peu, emmagasinent de l'albumen et de la graisse dans leurs compartiments, et épaississent leur cloison cellulaire, dont la couche extérieure finit par brunir.

Ce qui distingue ce processus dans l'*Asque*, connu sous le nom de formation libre de cellules, et se terminant par la production de spores, de presque tous les autres modes de formation de cellules, c'est que les spores se forment et mûrissent en nageant librement dans le protoplasma de l'asque.

On peut se rendre compte par une expérience facile à faire de ce que deviennent ensuite les spores. On met un fruit de Lichen sec, légèrement couvert par une mince plaque de verre, dans un endroit humide, par exemple dans un verre de montre posé sur une soucoupe tapissée de papier brouillard humide et sur laquelle on pose une cloche de verre tapissée également de papier brouillard humide. Après quelques heures, et souvent en même temps, on découvre, en observant le petit plateau de verre au microscope, que de nombreuses spores ont été expulsées avec une certaine violence par la pression latérale qu'exercent les paraphyses gonflées contre les asques. Ces spores sont facilement projetées à une distance d'un centimètre. Il suffit alors de conserver ce plateau parsemé de spores, pendant plusieurs jours, dans un endroit humide et à l'abri de la poussière et des moisissures. Bientôt les spores commencent à germer. Elles gonflent et font sortir à leurs deux pôles sous la forme de deux verrues, par une ouverture de leur cloison brune extérieure, leur contenu recouvert par une couche intérieure incolore. La verrue s'étire en mince filament; celui-ci s'allonge, est divisé par des cloisons transversales et se ramifie.

Des spores à compartiments nombreux produisent un nombre correspondant de filaments-germes; des spores de Lichens très grandes, à un seul compartiment, produisent aussi parfois plusieurs filaments.

Dans les circonstances décrites, les filaments-germes croissent lentement en général, jusqu'à ce qu'ils aient consommé les matériaux des spores qui peuvent servir à leur croissance. Les ramifications des filaments s'entrelacent souvent. Tulasne obtint déjà (1851) de cette manière de vrais réseaux de grandes spores de Lichens isolées. Cependant dans ces conditions, et même en les améliorant, en ajoutant les matières minérales nutritives qui suffisent ailleurs à entretenir des Lichens, on n'a jamais réussi à obtenir à l'air un jeune Lichen caractéristique, à l'aide des filaments-germes de la spore.

Nous devons pour un moment abandonner la question de la formation nouvelle d'un pied de Lichen par une spore de Lichen, pour tourner notre attention vers un autre véritable organe de reproduction des Lichens, le *Spermogonium* avec ses *Spermaties*.

Les spermogonies, même les plus grandes, sont des corps très peu apparents ; ce sont tantôt des poils tendres du thalle, tantôt des verrues minuscules, presque entièrement enfoncées dans le thalle. C'est à cause de cela qu'elles ont été connues beaucoup plus tard que les apothécies. Nous devons encore à Tulasne de savoir qu'elles existent partout et quelle est leur structure détaillée.

De la structure intérieure des spermogonies, nous ne dirons que ceci : Elles produisent dans leur cavité, par la segmentation, sur des supports particuliers tendres et filiformes, des masses de petites cellules arrondies ou allongées en bâtonnets. Lorsque les spermaties sont humectées, elles sortent comme une petite goutte de mucilage de l'orifice de la spermogonie. Dans les mêmes conditions où les spores germent, les spermaties n'éprouvent pas d'autre changement. Des expériences nombreuses ayant prouvé qu'elles ne peuvent pas germer, on a émis souvent la supposition, depuis Tulasne, qu'elles pourraient être des cellules sexuelles mâles, destinées à féconder les spores ou les fruits des spores à un moment quelconque de leur développement. La preuve évidente que les spermaties fécondent réellement un organe de conception filiforme du très jeune fruit n'a été cependant fournie qu'il y a deux ans par Stahl.

A mesure qu'on apprenait à connaître la structure, le développement et la fonction des organes sexuels de reproduction des Lichens, ainsi que les organes analogues des Champignons, on s'est aperçu qu'ils étaient absolument pareils jusque dans les plus petits détails chez les Lichens et chez les Ascomycètes (dont les morilles, les truffes et les Pésizes sont les représentants bien connus). Schleiden sépara déjà en 1850 les Ascomycètes des autres Champignons qui ne produisent pas de spores articulaires, et les plaça tout simplement dans une même classe avec les lichens, parce que leurs spores sont produites exactement de la même manière par la formation libre de cellules dans des utricules. Et tout ce que les recherches ont révélé avant ou après sur la naissance, l'expulsion et la germination des spores, sur les phénomènes correspondants dans le spermogonium et sur l'incapacité des spermaties de germer, enfin sur le phénomène même de la fécondation et le développement du jeune fruit produit sexuellement, est absolument identique pour les Lichens et les Ascomycètes.

Relativement à la structure spéciale des spermogonies et des apo-

thécies, l'identité existe de même dans tous les détails entre tels Lichens et tels Ascomycètes. Les Lichens gymnocarpes concordent avec les Ascomycètes à fruit ouvert ou discoïde (Discomycètes). Les Lichens angiocarpes, au contraire, concordent avec les Ascomycètes à fruit verruqueux enfoncé (Pyrenomycètes).

Il faut enfin insister sur l'identité de l'organe élémentaire anatomique, dont proviennent tous ces organes de reproduction des Lichens et des Champignons. C'est le filament du Champignon ou du Lichen connu sous le nom d'hypha.

L'hypha, sortant comme filament-germe de la spore, formant des spermogonies et des apothécies quand il s'est ramifié et enchevêtré, est caractérisé par des propriétés particulières absolument pareilles chez les Champignons et les Lichens et nettement distinctes des éléments anatomiques des Algues, des Mousses et des végétaux supérieurs. Nous devons revenir plus tard sur ce point essentiel.

En ne tenant compte que des organes de la reproduction sexuelle, la distinction qu'on établit habituellement entre les Lichens et les Ascomycètes en deux classes différentes de plantes ne serait donc pas justifiée. Mais cette division s'appuie en premier lieu sur la nature particulière déjà décrite du corps végétatif du Lichen. Il faut ajouter à ceci qu'une très grande partie des Lichens prospère dans des endroits qui ne leur fournissent qu'une nourriture minérale, tandis que les Champignons de tout genre exigent absolument des éléments nutritifs organiques.

Pour comprendre cette complète analogie des Lichens avec les Champignons, quant à la reproduction sexuelle, et leur manière de vivre et leur apparence toutes différentes, nous devons avoir recours à l'observation microscopique du corps végétatif du Lichen.

Le tissu du thalle d'un Lichen se différencie en écorce et en moelle. Dans certains cas, un faisceau axile traverse encore la moelle. Il consiste en filaments parallèles, la moelle en filaments légèrement enchevêtrés et l'écorce en filaments plus étroitement entrelacés. L'écorce la plus compacte peut encore être décomposée dans ses filaments primitifs par des réactifs.

Si nous comparons, avec la structure de l'*Usnea barbata*, la coupe du thalle d'un Lichen foliacé, par exemple celle du Lichen pulmonaire, nous ne voyons que quelques variations de structure qui proviennent de l'extension du thalle sur un substratum. D'abord une écorce compacte, ensuite une moelle poreuse, puis ordinairement une écorce inférieure bien distincte d'où les rhizines pénètrent dans le substratum comme des filaments simples ou en faisceaux.

Des formes plus simples n'ont pas l'écorce inférieure; il en est de même de la plupart des Lichens-croûtes, dont les filaments isolés pénètrent si profondément dans l'écorce. qu'on ne peut pas enlever le thalle sans l'endommager, comme nous l'avons déjà dit.

Dans toutes les variétés de thalle des Lichens, la croissance, très lente au reste, n'a lieu qu'au niveau des filaments placés aux extrémités des rameaux et sur les bords. Les parties plus anciennes et plus centrales ont achevé leur croissance.

Les filaments qui forment le thalle ressemblent aussi aux éléments anatomiques du thalle des champignons, les hyphas. Nous devons les décrire encore plus minutieusement que nous n'avons déjà fait. Ce sont des filaments de formes variées, rarement simples, souvent ramifiés, pourvus de protoplasma incolore dans leur cavité plus ou moins étroite. Chaque filament ne croît qu'au niveau de son extrémité et termine graduellement chaque accroissement par une cloison toujours transversale.

Les différents tissus du Lichen comme du Champignon proviennent de l'entrelacement et de l'enchevêtrement plus ou moins serrés des filaments au reste indépendants les uns des autres. Les tissus de toutes les autres plantes se forment, au contraire, par la division intérieure, souvent répétée de quelques cellules-mères. Enfin certains réactifs chimiques, surtout l'iode, agissent différemment sur la matière de la cloison cellulaire de l'hypha de champignon et de lichen et sur celle des cloisons cellulaires des autres végétaux.

En cela, le tissu du thalle des lichens ressemble donc aussi au tissu du champignon proprement dit.

Un simple coup d'œil sur des coupes de thalle nous prouve déjà que les hyphas et le tissu tomenteux qu'ils forment ne sont cependant pas le seul élément anatomique du thalle du Lichen. Entre les hyphas existent des cellules d'un tout autre genre et d'une autre couleur, vertes ou verdâtres. Les Champignons n'en ont pas de pareilles.

Il existe deux types différents pour la diffusion de ces éléments verts dans le corps du Lichen.

Dans la plus grande partie des espèces de Lichens, les éléments verts sont restreints à des couches déterminées du tissu tomenteux; et il existe ainsi, dans le thalle du Lichen, des couches vertes et d'autres incolores : *Lichens* à couches distinctes ou *hétéromères*. Dans d'autres, les couches vertes sont sans exception voisines de la surface éclairée, et, quand les lichens sont gonflés par l'humidité, elles sont parfaitement visibles. Dans l'*Usnea barbata*, elles se trouvent immédiatement sous l'écorce, entourant entièrement la moelle. Dans les

lichens foliacés et les lichens-croûtes, au contraire, qui ont une face bien éclairée et une autre ombragée et fixée, les cellules vertes ne se trouvent que sous l'écorce supérieure. Beaucoup de lichens-croûtes consistent, pour ainsi dire, en une ombrelle d'hyphas, sous le milieu de laquelle se trouvent réunies des cellules vertes, tandis que ces cellules manquent dans le bord du thalle qui continue de croître.

Dans quelques genres de Lichens moins développés et moins élevés, les éléments verts sont disséminés indistinctement dans le thalle entier, de sorte que chaque coupe microscopique montre des hyphas et des éléments verts également mélangés : Lichens sans couches ou *Homœomères*.

Le public ne connaît guère cette forme de Lichens, quoiqu'ils se trouvent en grand nombre et en beaucoup de variétés sur le sol, sur des pierres et quelquefois dans des montagnes calcaires. Mais, lorsque la température est sèche, ce ne sont que des croûtes friables, inapparentes et de couleurs indécises, qui ne présentent en cet état aucune analogie avec des Lichens. Ils ne deviennent apparents qu'après de fortes pluies. Alors leur corps gonflé prend la forme d'une petite plante mucilagineuse, ferme ou tremblotante, d'un vert bleuâtre ou brunâtre, rarement ramifiée comme un arbrisseau, plus souvent lobée comme les Lichens foliacés, sillonnée, fraisée, granuleuse, etc.

Cette particularité des cloisons cellulaires des éléments verts, de pouvoir se gonfler comme du mucilage, a fait donner à ces Lichens le nom de *Lichens mucilagineux* (exemple : *Collema* et *Ephèbe*).

Dans l'intérieur des apothécies et des spermogonies, les cellules vertes manquent chez presque tous les Lichens. Ordinairement, elles ne pénètrent qu'aussi loin que le tissu du thalle porte et enveloppe les fruits.

C'est Wallroth qui a fait, en 1825, la découverte scientifique des éléments verts et de leur disposition différente dans le thalle. Il les appela des *Gonidies*, parce qu'il les croyait destinés à la reproduction asexuée des Lichens. On verra plus loin comment la vérité et l'erreur se trouvent mêlées dans cette supposition. On a aussi proposé, pour éviter les malentendus, de nommer les cellules vertes *Chromidies*, à cause de leur coloration caractéristique.

Les gonidies sont vertes ou verdâtres. C'est-à-dire : elles contiennent une matière colorante, qui est identique à la chlorophylle des plantes vertes en général, quelquefois seule et d'autres fois mélangée avec une autre matière colorante de différentes nuances tendant vers le bleu et le brun.

La seconde matière colorante est identique avec le phycochrome,

qui donne, mêlé à la chlorophylle, une coloration variant du vert bleuâtre au vert brunâtre à beaucoup de formes inférieures d'Algues. Lorsqu'on retire aux gonidies leur chlorophylle dissoute par l'alcool, la seconde matière colorante reste sans éprouver de changement. Pour plus de brièveté, nous ne parlerons plus loin que des gonidies vertes, c'est-à-dire de celles qui ne contiennent que de la chlorophylle, et des gonidies d'un vert bleuâtre, c'est-à-dire de celles qui contiennent en outre du phycochrome.

Il est prouvé que la chlorophylle est l'organe qui donne aux végétaux le pouvoir d'assimiler, c'est-à-dire de décomposer l'acide carbonique, et de produire de la substance végétale organique avec le carbone et les éléments de l'eau avec adjonction de quelques matières minérales. Au point de vue physiologique, les gonidies sont donc les organes d'assimilation des Lichens, auxquels elles rendent le même service que les feuilles aux arbres. Aussi les vieilles gonidies meurent dans le thalle des Lichens et sont remplacées physiologiquement par leurs jeunes descendants, comme les feuilles sur les arbres.

Comme la fonction assimilatrice des gonidies est liée à l'accession de rayons lumineux, les gonidies sont toujours situées sur les côtés éclairés du thalle. Cette fonction des gonidies n'a été nettement reconnue que par Fries en 1831.

L'existence des gonidies et la capacité qu'acquièrent par là les Lichens d'assimiler, séparent ceux-ci des Champignons véritables, quoique le tissu des hyphas et la reproduction sexuée soient identiques chez les deux.

III

Les Lichens seraient ainsi provisoirement des Ascomycètes avec des organes verts d'assimilation. Quelle est la structure de ces derniers? Comment naissent-ils, se développent-ils? Sont-ils produits par les hyphas, ou les produisent-ils? La réponse à ces questions résout l'énigme de la vie des Lichens.

Avant d'entrer dans les détails des recherches botaniques qui y ont conduit, nous pouvons donner cette solution, telle qu'elle est aujourd'hui généralement admise par les botanistes spéciaux. Les gonidies des Lichens sont des Algues. Elles vivent dans le Lichen, réunies à des Ascomycètes. Cette communauté de vie embrasse la nutrition, la croissance, le développement de la forme et la reproduction des deux associés.

Faisons connaissance avec quelques formes d'algues qui se rencontrent le plus communément comme gonidies de Lichens et qui diffèrent le plus entre elles. Observons-les d'abord à l'état d'Algues libres, vivant indépendantes des Lichens.

Tout le monde connaît cette efflorescence pulvérulente, verte, qui se trouve toujours, surtout du côté nord, sur les arbres, les bois et les murs. Si l'on en gratte une partie et qu'on la mette sous le microscope, on voit des cellules arrondies, innombrables, ou des amas de petites cellules; ceux-ci proviennent des cellules simples par la division répétée en tous les sens. Si l'on ajoute de l'eau pure, le contenu des cellules peut se diviser en plusieurs corpuscules, qui quittent la cellule et qui, douées, grâce à leurs cils, d'une mobilité autonome, se meuvent dans l'eau. Venues au repos, ces cellules se forment et se divisent comme leurs cellules-mères. Voilà, à grands traits, la vie simple des Algues inférieures de la famille des Palmellacées, dont nous devons nommer au moins les genres *Cystococcus*, *Pleurococcus*, *Protococcus*, parce qu'on les rencontre souvent comme gonidies des Lichens-arbrisseaux foliacés et croûtes les plus répandus.

Les Lichens mucilagineux ont des gonidies d'un vert bleuâtre ou brunâtre de la division des Algues mucilagineuses. La principale, *Nostoc*, est bien connue partout. Après de fortes pluies, on voit souvent, dans les chemins, des masses gélatineuses d'un vert brunâtre, ressemblant à du frai : c'est là notre *Nostoc*. Lorsqu'il était sec, il échappait à notre attention, parce qu'il s'était recroquevillé en une membrane mince et inapparente. Imbibé et gonflé par la pluie, nous le voyons tout à coup comme s'il était tombé du ciel avec la pluie. Il est le plus important de sa tribu; ses plus petits congénères forment des boulettes mucilagineuses, pas plus grosses que des têtes d'épingle.

Si l'on met le mucilage du Nostoc aplati sous le microscope, on voit d'innombrables rangées de cellules verdâtres, disposées comme des colliers de perles quelquefois interrompues par des cellules plus grandes. Elles croissent et se multiplient par la division continuelle en diagonale. Ce sont les membranes cellulaires qui produisent cette grande enveloppe gélatineuse. Lorsque celle-ci s'écoule, de rares filaments sortent comme des gonidies.

Le *Nostoc* apparaît comme l'artisan des gonidies, entre autres dans le genre de Lichens mucilagineux *Collema*. Le genre *Scytonoma* se trouve aussi comme gonidie dans un Lichen-arbrisseau; sa rangée de cellules n'a qu'une mince enveloppe de mucilage.

La famille des Nostocacées se distingue par l'arrangement des cellules en rangées. Un autre groupe d'Algues mucilagineuses d'un vert

bleuâtre, la famille des Chroococcacées, n'offre pas cet arrangement de ses cellules, qui se multiplient par la division en tous les sens. Les cellules simples comme les amas de cellules sont encastrés dans des enveloppes stratifiées de mucilage (exemple : *Gleocapsa*.)

Après que Wallroth eut découvert les gonidies, il se passa encore un temps considérable avant qu'on émît la supposition que les gonidies étaient de la nature des Algues, qu'elle gagnât du terrain et obtînt finalement l'assentiment général. Elle n'est pas sortie complète d'un seul cerveau. Des suppositions analogues sont venues au jour depuis des dizaines d'années et ont été oubliées sans qu'on ait posé nettement la question et sans qu'on y ait répondu d'une manière méthodique.

Dans quelques cas isolés, appartenant presque tous aux formes de Lichens homœomères les moins caractéristiques, et particulièrement dans quelques Lichens mucilagineux et dans *Ephèbe*, la conformité de structure des éléments verts avec certaines formes d'Algues vivant en liberté est si peu méconnaissable, qu'elle ne peut échapper à l'observateur pourvu d'un bon microscope.

Si l'on suppose, par exemple, que dans le thalle d'*Ephèbe* tous les hyphas soient enlevés, il resterait un petit morceau de l'Algue mucilagineuse *Sirosiphon*, avec tous les détails de la structure complète qui sont généralement connus : un rameau, construit en des étages horizontaux nombreux, dont le plus haut placé et le plus jeune est une cellule dont la division transversale ajoute de nouveaux étages au rameau. Le pied entier est entouré d'une membrane mucilagineuse ; le contenu des cellules est d'un vert bleuâtre.

De même, si on laisse les hyphas de côté, il n'y a pas de différence, au point de vue de la structure microscopique, entre un morceau de thalle du lichen mucilagineux *Collema* et de l'Algue mucicilagineuse *Nostoc*. Chez l'un et l'autre, des masses gélatineuses sont traversées par des rangées de perles. Les perles sont grandes et petites, arrangées comme des rosaires. Toutes les couleurs et les réactions chimiques sont pareilles. Aussi, depuis le commencement du siècle, l'Algue *Nostoc* a été regardée maintes fois comme un état stérile du Lichen *Collema*, qui porte des apothécies. Plusieurs *Collema* ne peuvent être distingués extérieurement des *Nostoc* que lorsqu'ils portent des fruits.

Enfin, on avait observé dans quelques Lichens-croûtes (du groupe des graphidés) que les gonidies étaient semblables à des Algues du genre *Chroolepus*, qui vivent souvent en liberté sur des écorces d'arbre, et on avait même observé accidentellement dans ces goni-

dies la formation de cellules mobiles ressemblant à celles des Algues, ce qui devait mettre sur la voie pour conclure que les gonidies mêmes étaient des Algues.

Mais le fil conducteur manquait pour relier toutes ces observations isolées. Les Lichens inférieurs que nous avons mentionnés avec la ressemblance indéniable de leurs gonidies avec des algues furent donc regardés comme des formes anomales, dont on ne pouvait rien conclure relativement aux Lichens supérieurs.

IV

Ce furent seulement les recherches anatomiques méthodiques que Schwendener continua pendant une dizaine d'années (de 1858 à 1868), sur la plupart des groupes de Lichens, qui firent mûrir l'idée que toutes les gonidies des Lichens sont véritablement identiques avec des types d'Algues déterminés. Nous mentionnerons ceux qui contribuèrent à affermir la conviction de Schwendener.

Le chemin par où il a passé est très intéressant à suivre. Il se borne d'abord à analyser complètement l'état anatomique. Il travaille sur des exemplaires de vieux lichens desséchés ; il observe l'arrangement des gonidies et des filaments en général, et ensuite la structure du tissu des hyphas du thalle dans tous ses détails. Il étudie alors la forme extérieure et la structure intérieure des gonidies, et constate l'identité anatomique et physiologique des deux matières colorantes des gonidies avec les matières correspondantes des Algues, et la dissemblance remarquable de la réaction produite par l'iode sur la cloison cellulaire des gonidies et sur la membrane des hyphas, pareille à celle des Champignons. L'observation de gonidies simples et d'autres plusieurs fois divisées et de groupes de gonidies qui se désagrègent l'amène à conclure que les gonidies croissent et se multiplient dans le thalle. Il donne des règles caractéristiques pour chaque forme de gonidies en ce qui concerne la succession et la direction de leurs divisions cellulaires. De la réunion fréquemment observée de gonidies et d'hyphas, il déduit la loi générale que les gonidies naissent par la croissance latérale des cellules des hyphas. La citation suivante montre combien il était prudent et réservé quant à l'affirmation que les gonidies étaient semblables aux Algues : « Les gonidies concordent sous maint rapport et surtout pour la multiplication d'une manière si frappante avec les Algues inférieures qu'on peut presque dire que la nature fait apparaître ici

pour la seconde fois une partie de la vie des Algues. Les gonidies d'un vert bleuâtre concordent avec les Chroococcacées et les Nostocacées, celles d'un vert jaunâtre avec les Palmellacées. » En un mot, les gonidies sont pour lui des organes propres aux Lichens, naissant sur les hyphas et d'une ressemblance incompréhensible avec les Algues.

La première série des publications de Schwendener se rapportant à ce sujet s'arrête en 1863. Bientôt après « *La morphologie et la physiologie des champignons des Lichens*, etc., 1866, » de de Bary, donna une nouvelle vie à l'étude de la question des Lichens.

De Bary se base pour la plupart des faits anatomiques sur les recherches classiques de Schwendener. Mais il approfondit davantage la question des gonidies, en affirmant l'identité, et non seulement la ressemblance, dans tous les cas où la concordance anatomique entre certaines gonidies de Lichens et certaines Algues vivant en liberté est indéniable. Mais, dès qu'on admet que certaines gonidies sont des Algues, on doit résoudre la question capitale de savoir quels sont leurs rapports avec la partie champignon des Lichens correspondants. De Bary poursuit ainsi : « Ou bien les Lichens en question sont les états complets, fructifères des Algues en question qui doivent être rayées du nombre des plantes autonomes. Ou bien ces dernières sont des Algues qui prennent la forme de certains Lichens, parce que des Ascomycètes parasites pénètrent en elles, croissent dans et avec elles et attachent fréquemment leurs filaments aux cellules vertes. »

Cette alternative a donné la solution de la question relative à la nature des Lichens. On a fait deux reproches à de Bary. Premièrement, l'impartialité avec laquelle les deux possibilités sont traitées pour ainsi dire comme également probables. Mais tous ceux qui comparent, par exemple, les explications sur *Ephèbe* que de Bary fait précéder immédiatement, ne douteront pas que le botaniste, qui avait approfondi dans les dix dernières années la biologie des champignons parasites, incline le plus vers la supposition du parasitisme des Ascomycètes.

En second lieu, on lui reprocha le soin avec lequel la question était réduite aux Lichens mucilagineux et à l'*Ephèbe*, à l'exclusion expresse des Lichens hétéromères. Mais cette précaution avait sa raison d'être, parce que le caractère d'Algues des gonidies de ces Lichens n'était encore nullement prouvé. L'extension de l'alternative aux autres Lichens suit naturellement lorsque le caractère d'Algues est élevé au-dessus du doute pour les gonidies de l'un d'eux (comparez de

Bary dans *Botan. Zeit.*, 1868, p. 198). Sur ces indications, les études furent continuées de différents côtés avec un zèle égal.

Un pas de grande importance fut la découverte faite bientôt après (1868) par Famintzin et Baranetzky, et en même temps par Itzigsohn, que des gonidies très différentes de Lichens supérieurs, délivrées de leur union avec les Lichens, peuvent être amenées à un développement autonome comme des formes typiques d'Algues bien connues. Si l'on maintient dans l'eau de minces coupes du thalle de Lichens, les hyphas meurent peu à peu, et les gonidies, qui se multiplient abondamment, sortent. Le principal détail acquis fut la constatation minutieuse de la formation des cellules mobiles des gonidies vertes sphériques de nos Lichens foliacés et arbrisseaux les plus répandus, exactement comme dans le genre d'Algues *Cystococcus*. Ces botanistes interprétèrent leur découverte dans le sens de la première alternative de de Bary, en déclarant, comme Wallroth, que les Algues-gonidies vivant en liberté, étaient la semence des Lichens, des organes particuliers détachés des Lichens.

La nature d'Algues de nombreuses formes de gonidies, appartenant aux genres les plus différents de Lichens, était désormais élevée au-dessus de tout doute. Mais, pour plusieurs formes particulières de gonidies la preuve faisait encore absolument défaut, d'autres indications d'identité étaient encore incomplètes. On manquait surtout d'explications satisfaisantes sur les rapports réciproques des gonidies et des hyphas, pour pouvoir résoudre définitivement l'alternative de de Bary, applicable désormais à tous les Lichens. Tout l'intérêt se concentre donc sur deux questions brûlantes : Les gonidies naissent-elles véritablement des hyphas, malgré leur identité avec des Algues, comme on l'admet jusqu'à ce jour? Que deviennent les gonidies livrées à la vie libre en dehors des Lichens, d'après la méthode de Famintzin et d'autres?

Pour la seconde fois, Shwendener entra dans l'arène, sans entente préalable avec Baranetzky, Famintzin et Itzigsohn. La seconde série de ses travaux, parue en 1868 et en 1869, trancha la question.

Schwendener s'était surtout appliqué pendant les dernières années à l'étude anatomique de beaucoup de formes de gonidies. De plus, il avait suivi minutieusement les rapports existants entre les gonidies et les hyphas dans de nombreux jeunes pieds de Lichens.

Dans l'automne de 1867, il déclare pour la première fois dans une conférence faite dans la réunion des naturalistes en Suisse :

1° L'identité de nombreuses formes de gonidies très caratéristiques avec les Algues correspondantes.

2° La circonstance que personne, et lui non plus, n'a encore vu sortir de gonidies des hyphas. La réunion souvent observée peut aussi s'effectuer par la fusion ultérieure des deux corps primitivement séparés. Il prouva en détail que cette fusion ultérieure doit réellement avoir lieu dans certains cas.

3° L'entrée observée d'hyphas de champignons dans des Algues formant des gonidies, ainsi que le fait que les hyphas enveloppent les Algues, comme commencement de production de jeunes pieds de Lichens.

Schwendener tire la conséquence suivante de ces faits nouveaux, en accord avec les anciennes expériences sur la différence matérielle qui existe entre la membrane des hyphas et celle des gonidies, sur la nature de champignons des organes de reproduction ainsi que sur l'impossibilité éprouvée jusqu'à présent de faire sortir un nouveau Lichen d'une spore de Lichen seul, tandis que des champignons de toute espèce se laissent cultiver de leurs spores sur un sol approprié.

Les gonidies et les hyphas sont deux végétaux absolument différents, les premiers étant des Algues et les seconds des Champignons.

Les hyphas sont aussi peu produits par les gonidies que celles-ci le sont par les hyphas. Leur rapport ne s'explique que par la supposition d'un parasitisme du Champignon sur l'Algue. La première alternative de de Bary, relevée par Famintzin et d'autres, d'après laquelle les Algues gonidies vivant en liberté ne seraient que des organes détachés des Lichens, est impossible. Elle tombe déjà devant ce seul fait que dans les familles d'Algues, qui renferment quelques variétés de gonidies de Lichens, il se trouve de nombreux genres parallèles d'Algues-gonidies, qui vivent seulement en liberté, et jamais dans un Lichen. Elle doit aussi être abandonnée, parce qu'il est démontré que les gonidies ne naissent pas des hyphas, mais qu'elles se fusionnent ultérieurement avec les hyphas qui ont pénétré dans des colonies d'Algues.

Schwendener a rassemblé toutes ces considérations et tous ces faits dans une publication attrayante de forme et enrichie par des gravures.

V

Schwendener trouva des contradicteurs de deux espèces : d'abord les lichénologues classificateurs, collectionneurs, qui ne voulaient pas laisser ravir l'honneur de l'individualité à leur plante de prédilection; ensuite les botanistes qui reconnaissaient de bonne grâce

que les gonidies étaient de la nature des Algues, mais qui exigeaient des éclaircissements plus concluants et plus détaillés sur leurs rapports avec le tissu des hyphas. Ceux-ci reprochèrent à Schwendener d'avoir tiré ses conclusions presque exclusivement de l'anatomie d'exemplaires adultes et d'avoir en quelque sorte négligé les démonstrations expérimentales, phylogéniques, sur la manière dont la partie Algue et la partie Champignon se réunissent et sur leurs rapports dans le Lichen. Bornet, qui est un de ceux qui ont travaillé avec le plus de succès dans la direction indiquée par Schwendener, formule cette critique ainsi : « Le premier point est certainement d'établir l'identité des gonidies et des Algues, mais cela ne suffit pas. Les opinions contradictoires de MM. Famintzin et Baranetzky et de M. Schwendener qui admettent également l'identité, le prouvent assez. Il est indispensable de démontrer en outre que les rapports des hyphas sont exactement ceux que la théorie du parasitisme suppose, et qu'ils ne peuvent pas être interprétés autrement. »

Bornet lui-même a satisfait aux desiderata de sa critique par des recherches multiples et bien dirigées.

Il démontre d'abord de la manière la plus scientifique la nature d'Algues des gonidies de soixante genres de Lichens. Mais son mérite principal est d'avoir approfondi plus qu'aucun de ses prédécesseurs les rapports qui existent entre les gonidies et les hyphas. Il prouve qu'il est vrai que les hyphas et les gonidies sont partout indépendants les uns des autres dans leur développement, mais qu'ils influent souvent réciproquement sur leur manière de vivre. Le contact, c'est-à-dire l'intrusion des hyphas dans les gonidies, est favorable à la croissance de tous les deux. La théorie du parasitisme seule explique ces faits.

Woronin démontra vers la même époque que les gonidies de Palmellacées, qui produisent des cellules mobiles dans les Lichens foliacés ordinaires, continuent leur vie d'Algues lorsqu'une fois elles ont été mises en liberté, et qu'elles ne font jamais mine de vouloir de nouveau se développer en Lichens.

Avant d'avoir résolu la question des Lichens d'une manière inattaquable par la démonstration anatomique, on s'était déjà efforcé de prouver expérimentalement leur nature double en essayant de produire par la culture un thalle de Lichen à l'aide de ses composants probables, une spore de Champignon de Lichen et une Algue-gonidie. L'imperfection des observations antérieures sur la germination des spores des Lichens et la possibilité, qui paraissait encore admissible, que les filaments-germes produiraient finalement des gonidies, si l'on

pouvait les conserver assez lontemps en vie, firent désirer expressément cette preuve synthétique par les adversaires de la nouvelle théorie.

Le premier essai de ce genre (1871) montre qu'en semant des spores du Lichen mucilagineux *Collema* sur des pieds de l'Algue mucilagineuse *Nostoc*, dépourvue entièrement d'hyphas, on peut produire un thalle qui ne se distingue en rien du thalle du Lichen *Collema*. Les filaments-germes des spores pénètrent en partie dans le substratum contenant des matières nutritives minérales et en partie dans la colonie d'Algues, dans et sur laquelle ils se ramifient abondamment. Enfin une partie des hyphas sort de nouveau du thalle nouvellement formé, sous la forme de rhizines. La culture n'a pas été amenée jusqu'à la formation du fruit.

La synthèse du *Collema* eut le résultat de convaincre beaucoup d'adversaires de la nouvelle théorie, tout au moins en ce qui concerne les Lichens mucilagineux. Mais ces mêmes adversaires se rejetèrent sur la possibilité d'une différence fondamentale entre les Lichens mucilagineux et les véritables Lichens, et avant de se rendre ils exigèrent de nouvelles expériences synthétiques sur des Lichens hétéromère s.

Treub et Bornet ont bientôt satisfait en partie à leur désir, en prouvant l'insertion des filaments-germes des spores de quelques Lichens foliacés dans les cellules vertes de *Cystococcus* et l'enveloppement partiel de ces cellules. Treub et Bornet ne purent pas amener plus loin leurs cultures.

Stahl a réussi à faire de la manière la plus complète ce que les premiers essais n'avaient pu obtenir : il produisit des pieds de Lichens fructifères par la réunion de leurs spores et de leurs gonidies. Il donne une histoire complète, synthétique, du développement d'une spore depuis sa germination jusqu'à sa maturité.

Les lichénologues savent que certaines espèces rares de Lichens contiennent régulièrement dans l'hyménium des gonidies, encastrées entre les asques et les paraphyses. Une de ces variétés est le petit Lichen foliacé *Endocarpon pusillum*, croissant sur le limon et avec lequel Stahl a fait ses expériences.

Les gonidies hyméniales de ce Lichen descendent des gonidies de thalles appartenant au genre d'Algues *Pleurococcus*. Elles pénètrent entre les hyphas fructifères lorsque le fruit commence à se former dans le thalle. Dans le fruit mûrissant, elles se divisent, il est vrai, comme dans le thalle même; mais, comme entre chaque division elles croissent moins fort que dans le thalle, leurs cellules sont fina-

lement trois ou quatre fois plus petites que celles des gonidies du thalle.

Leur position dans l'hyménium est cause qu'elles sont immanquablement expulsées, en même temps que les spores produites deux à deux dans l'asque. Chaque spore expulsée est accompagnée de vingt à quarante gonidies hyméniales. C'est là le principal avantage de cette culture, facile à faire.

Si on laisse germer les spores sur des tablettes de verre, des hyphas sortent de tous côtés des nombreux compartiments des spores. Une partie des hyphas saisit et enveloppe les gonidies les plus proches; une autre partie continue de croître pour servir de rhizines.

Les gonidies enveloppées deviennent bientôt plus grandes, d'un vert plus vif, en un mot plus fortes. Ce fait qu'elles doivent ce développement aux hyphas est bien visible pour les gonidies qui n'en sont pas enveloppées. Celles-ci restent plus petites et se divisent parfois d'une manière un peu anomale.

Sur des tablettes de verre, sans matières nutritives minérales appropriées, les tas de gonidies enveloppées meurent avec les spores, comme on pouvait s'y attendre. Mais si on les cultive sur un sol limoneux, sur lequel le Lichen croît ordinairement, elles se développent en un thalle complet d'*Endocarpon*, qui porte des spermagonies après quatre ou six semaines et des spores après autant de mois.

Stahl était parvenu au résultat désiré de sa synthèse; mais en outre il avait appris que les gonidies hyméniales offrent une adaptation très propice au développement des germes de spores. Il montra encore qu'un second Lichen, qui croît très souvent dans le voisinage d'*Endocarpon*, mais qui ne possède pas de gonidies hyméniales, s'empare sans façon de celles qui sont expulsées par celui-ci.

Le *Thelidium minutulum* est un Lichen nain de structure assez irrégulière, très différente de celle d'*Endocarpon :* un réseau de fibres, portant par-ci par-là des fruits et enserrant en d'autres endroits des nids de gonidies. Les fruits indiquent une parenté avec *Endocarpon*. Lorsque ces deux Lichens mûrissent à côté l'un de l'autre, leurs spores sont aussi expulsées ensemble. Les gonidies hyméniales du premier et les spores des deux sont semées pêle-mêle. Alors les filaments-germes des spores du *Thelidium* saisissent et enveloppent les gonidies hyméniales de l'*Endocarpon* expulsées en quantité. Sous l'influence de ces hyphas, les colonies de l'Algue d'*Endocarpon* subissent un autre arrangement intérieur que lorsqu'elles sont enveloppées par les hyphas d'*Endocarpon*.

En un mot, outre la synthèse complète longtemps désirée d'un

lichen hétéromère, Stahl montre par des expériences qu'une même espèce d'Algues sert non seulement de gonidium à deux Champignons-Lichens de genre et de famille différents, mais qu'elle est aussi influencée différemment par les deux dans l'arrangement de ses colonies de cellules.

Ceci fait tomber le dernier doute qui pourrait encore exister à l'égard de la nouvelle théorie sur la nature des lichens.

La nature des Lichens est ainsi expliquée. Pendant de longues années, on avait fait fausse route. Les botanistes biologistes si décriés leur ont enfin procuré un droit de cité que tout le zèle et tout l'entêtement des lichénologues collectionneurs systématiques n'avaient pu leur donner, un droit de cité inattaquable auprès des autres Ascomycètes, dont leurs Champignons principaux sont séparés longtemps avant l'époque des lignites, pour suivre le peuple des algues. Maintenant ils attendent encore un Victor Scheffel.

VI

Nous avons suivi pas à pas les études faites dans les dernières années sur la biologie des Lichens. Il ne nous paraît pas superflu de résumer l'état de la question en quelques phrases concrètes.

1° Chaque Lichen se compose de deux organismes différents, unis dans une étroite communauté de vie. L'un est toujours un Champignon de la classe des Ascomycètes ; l'autre est une Algue. Cette communauté de vie fait des deux végétaux comme un seul individu. Elle s'étend à la nutrition, la croissance, la morphologie et la reproduction.

2° Les Champignons des Lichens sont des Ascomycètes appartenant soit au groupe des Discomycètes, soit à celui des Pyrénomycètes. Leurs congénères vivent quelques-uns en parasites sur des organismes vivants, d'autres sur des matières organiques mortes les plus diverses. Mais les Champignons des Lichens ne se trouvent pas ailleurs que dans la communauté du Lichen.

3° Les Algues des Lichens appartiennent à plusieurs familles inférieures. Les vertes appartiennent le plus souvent aux familles des Palmellacées, Chroolépidées, beaucoup plus rarement à celles des Confervacées et des Coléochaetées. Les Algues vert bleuâtre appartiennent surtout aux familles des Chroococcacées et des Nostocacées, plus rarement des Rivulariées, des Sirosiphonées et des Scytonémées. Beau-

coup de leurs plus proches congénères de la même famille n'ont jamais été observées dans la communauté Lichen. Ces congénères habitent, comme les Algues des Lichens elles-mêmes vivant en liberté, des endroits humides, pas constamment submergés : des écorces d'arbre, des planches et des poutres, des pierres, des rochers, des murs, des tuiles et le sol.

4° Il existe beaucoup plus d'espèces différentes de Champignons des Lichens que d'espèces d'Algues qui forment des gonidies. Beaucoup d'Algues des Lichens entrent en communauté avec peu, et d'autres avec beaucoup d'espèces et de genres du Champignon du Lichen. Une même espèce d'Algues a été observée anatomiquement dans treize genres de Lichens, en partie très différents les uns des autres. L'alliance de deux genres de Champignons de Lichens assez différents avec une seule et même espèce d'Algue a été constatée par l'expérience. Ordinairement cependant, les Champignons de Lichens congénères entre eux recherchent aussi des Algues congénères, absolument comme cela se produit dans les véritables conditions de parasitisme offertes par le reste du règne végétal.

Exceptionnellement, un seul et même pied de Lichen se développe de différentes manières caractéristiques avec plusieurs formes d'Algues distinctes.

5° Chez tous les Lichens, la communauté de vie est si étroite que leur thalle produit des organes de reproduction asexués ou des bourgeons (*Sorédies*), qui sont dans les cas les plus simples une cellule d'Algue enveloppée d'hyphas de Champignons, mais qui sont toujours formés de la partie Champignon et de la partie Algue du Lichen. Wallroth ne vit pas en eux la partie Champignon et les identifia simplement avec les gonidies. Par un temps humide, ces sorédies sont quelquefois produites en nombre incroyable. En sortant en quantité du thalle, elles donnent à sa surface une apparence poussiéreuse. Détachées du Lichen, transportées plus loin par la pluie et le vent, elles donnent naissance à ces plaques vertes et verdâtres qui sont si communes dans les endroits où croissent des Lichens. Le plus souvent, elles se développent en nouveaux pieds de Lichens; mais, par une humidité persistante, leurs Algues peuvent aussi parvenir à une vie autonome (il est à peine besoin de dire que des plaques d'une apparence absolument pareille peuvent aussi consister en colonies d'Algues simples).

6° La production et le développement des organes sexués de reproduction, les Spermogonies et les Apothécies, appartiennent exclusivement au Champignon du Lichen. Mais ses filaments germés de

spores ne peuvent former de nouveaux pieds de Lichens qu'à condition de rencontrer leurs Algues correspondantes.

7° On n'a pas pu constater si la formation de nouveaux pieds de Lichens par des germes de spores et des Algues libres a réellement souvent lieu dans la nature. Il paraît bien que la multiplication des pieds par la formation de sorédies est beaucoup plus fréquente. Beaucoup de Lichens qui produisent de nombreuses sorédies ne fructifient que très rarement. Mais, comme assez de spores sont expulsées par un temps humide dans des endroits où elles trouvent abondamment leurs Algues correspondantes, la formation fréquente de nouveaux pieds de Lichens par la réunion de spores et d'Algues n'est tout au moins pas improbable. Quelques variétés de Lichens possèdent en outre, dans la production des gonidies hyméniales, un moyen qui contribue certainement au développement de nouveaux individus à l'aide de Spores et d'Algues.

8° Quant à l'influence que la partie Algue et la partie Champignon exercent sur la forme du Lichen, on rencontre à peu près toutes les transitions, depuis la forme dominante de l'Algue traversée par des hyphas, jusqu'à celle du Champignon qui enveloppe une Algue.

L'Algue seule détermine la forme dans l'*Ephebe*, où les hyphas ne croissent que dans le rameau latéral indépendant. Elle est encore la partie dominante dans beaucoup de Lichens mucilagineux, auxquels les hyphas qui les traversent ne font éprouver que peu ou point de variations de contour, de sorte que le Lichen paraît seulement plus frisé, plus lobé que l'Algue sans hyphas. De pareils phénomènes sont connus pour plusieurs Champignons véritablement parasites, entre autres les Champinons de la rouille, qui, en se développant dans des rameaux et des branches d'une plante-hôte, en changent en partie la forme et font varier la grandeur, la forme et la direction des feuilles. Ainsi l'*Æcidium elatinum* change les rameaux de Sapin en balais de sorcières, l'*Æcidium Euphorbiæ* défigure également les pousses de l'Euphorbe, etc.

Le champignon au contraire domine dans la forme des Lichens-croûtes, foliacés et arbrisseaux, chez lesquels il participe seul à la croissance et à la ramification, et dans lequels les Algues suivent docilement les conditions du tissu des hyphas, dont la masse dépasse de beaucoup la leur. Parmi les Lichens-croûtes, il y a quelques variétés dans le jeune thalle desquelles les cellules d'Algues n'entrent qu'isolément et plus tard.

9° Ce qui caractérise surtout physiologiquement la communauté Lichen, c'est que l'Algue assimile pour elle et pour son Cham-

pignon. Le Champignon du Lichen ne peut donc pas vivre sans l'Algue.

10° Mais le Champignon contribue aussi à la nutrition des deux associés. Durant qu'il occupe seul ou en partie la surface, il absorbe exclusivement ou en partie les matières nutritives brutes, inorganiques, l'acide carbonique, l'eau, les matières minérales et l'air. Il sait pénétrer dans des points qui sont inaccessibles à l'Algue seule, soit qu'il envoie ses rhizines profondément dans des écorces d'arbre en décomposition pour y chercher de la nourriture, soit que la sécrétion acide de ses hyphas creuse des trous dans la pierre.

Ceci prouve que, quoique l'Algue n'ait pas besoin de s'unir au Champignon pour vivre et quoiqu'elle sacrifie sa liberté et sa reproduction dans la communauté, elle ne rend cependant pas des services gratuits à l'association. Il est certain que dans beaucoup de cas l'union avec le Champignon avantage la croissance de l'Algue. En outre, il est indéniable que surtout dans les Lichens supérieurs le Champignon hospitalier protège et défend l'Algue travailleuse, sa commensale et son associée.

11° La communauté du Lichen n'est donc pas un simple parasitisme, dans lequel le parasite nuit à son hôte dans la même mesure qu'il profite de lui. Il n'y a que quelques rares Lichens mucilagineux qui sont tant soit peu dans ce cas. La véritable communauté du Lichen est bien plutôt une association de la vie, basée sur une division profitable du travail, et rendant les deux associés plus forts qu'ils ne l'eussent été séparés. Ceci est surtout vrai pour les colonies de Lichens qui vivent sur la pierre encore inattaquée, vis-à-vis de laquelle l'Algue seule paraît aussi impuissante que le Champignon seul le serait.

12° Si l'on cherche dans le règne végétal des communautés de vie pareilles ou analogues à celle du Lichen, on ne trouve pas de phénomène directement similaire.

La symbiose, pour nous servir d'une expression introduite par de Bary dans la réunion de naturalistes à Cassel, la symbiose de quelques Nostocacées avec certaines Hépatiques des fontaines, avec des Fougères aquatiques et avec plusieurs Phanérogames, nous présente quelque ressemblance éloignée. Dans tous ces cas, il s'agit de colonies d'Algues qui se trouvent encastrées dans le tissu de leur hôte. Tantôt leur présence est accidentelle, elles peuvent aussi bien faire défaut, (Hépatiques, Cycadées); tantôt un organe est spécialement destiné à recevoir l'Algue, qui s'y loge sans exception (*Azolla*). La présence de l'Algue produit ici comme chez les Lichens des déviations plus ou

moins considérables dans la croissance. Jusque-là, ces symbioses sont analogues à la symbiose du Lichen. Mais leur nutrition, leur morphologie et leur reproduction n'offrent pas de ressemblance avec les phénomènes correspondants qu'on rencontre dans la vie du Lichen.

Reess.

SUR LE DÉVELOPPEMENT DES PERROQUETS

Par Max Braun,

Privat-docent de zoologie à Wurtzbourg.

Dans le courant de cette année, j'ai eu l'occasion d'étudier une série presque complète d'embryons du Perroquet ondulé (*Melopsittacus undulatus*), importé en grand nombre d'Australie : c'est, comme on sait, celui de tous les oiseaux exotiques qui chez nous se reproduit le plus facilement.

Je me propose, par la suite, de publier mes recherches, et je commence aujourd'hui par l'exposé d'une particularité de la moelle épinière.

Je passerai sous silence les premiers stades du développement, le sillon primitif, la formation du sillon dorsal, son occlusion pour constituer le canal médullaire : ils ne diffèrent pas essentiellement de ce qui se passe chez le poulet. Il me faut au contraire décrire en peu de mots un stade que j'ai observé chez un embryon long de 5 millimètres 5, correspondant quant au développement à un embryon de poulet au troisième jour de l'incubation (1). Chez cet embryon, déjà à l'état frais, et surtout quand l'embryon était placé sur le dos et que j'examinais le feuillet intestinal, je pouvais voir *en avant de l'extrémité postérieure* de la moelle une petite *fente longitudinale dans le canal médullaire*, fente qui s'ouvrait dans l'endoderme, en sorte que, à en juger par cette apparence, le canal médullaire communiquait avec la lumière du futur intestin. Cette fente devint bien plus visible encore quand j'eus traité l'embryon par une solution faible d'acide chromique, qui, comme je l'ai déjà fait souvent remarquer, rend les ouvertures de ce genre particulièrement nettes. Je dessinai l'embryon, et je le décomposai en une série continue de coupes épaisses chacune de 1/40 à 1/50 de millimètre et numérotées d'arrière en avant. En dessinant chaque coupe, j'ai pu me représenter une coupe longitudinale schématique de l'embryon, passant par la ligne médiane et par la corde dorsale (2), et de cette manière encore j'ai constaté l'existence de la communication, déjà visible à l'œil nu, établie entre le canal médullaire et l'intestin. A partir de la coupe 44, la moelle est réunie

1. Comparer Kölliker, *Entwickelungsgeschichte*, II[te] Auflage, p. 203, fig. 126.

2. Cette méthode, imaginée par His, a été décrite pour la première fois par A. Seessel : *Zur Entwickelungsgeschichte des Vorderdarms*, in *Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth.*, 1877. (Note de la rédaction.)

à l'épiderme, mais cependant est complètement close; en avant, elle en est séparée; à la coupe 39, *le canal médullaire s'ouvre au travers de la corde dorsale dans le feuillet intestinal* et, à part une courte interruption, reste ouvert jusqu'à la coupe 30; la fente longitudinale a donc une longueur de 1/5 de millimètre. Puis l'endoderme se referme; la moelle sur les cinq coupes suivantes, en allant en arrière, est constituée par un canal, puis elle s'ouvre dans le sillon dorsal, — deux coupes, — et celui-ci se referme à son tour, c'est-à-dire que le canal médullaire, dans l'espace de quatre coupes, vient se confondre avec le renflement terminal. En arrière de celui-ci, on trouve encore un court sillon primitif, visible sur cinq coupes et auquel fait suite une courte ligne primitive.

Si donc chez cet embryon on pénètre par la fente, du côté de l'abdomen, on peut, au travers du canal médullaire et en se dirigeant en arrière, parvenir jusqu'à l'épiderme, en sorte qu'à ce stade l'embryon est interrompu sur la ligne médiane, mais l'embryon se continue au delà de cette solution de continuité, en arrière et en dehors.

Cette même fente, je la retrouve chez un embryon de Perroquet un peu plus âgé, dont la partie antérieure s'est déjà complètement tournée de côté, chez lequel les prévertèbres sont formées jusqu'en arrière et dont la partie postérieure s'infléchit en avant et vers le ventre pour former l'intestin postérieur; quand on examine l'intérieur de ce dernier avec une loupe, on reconnaît la fente qui mène dans la moelle et qui ici par conséquent est bien réellement située dans le canal intestinal.

Plus tard, on voit disparaître cette communication énigmatique. Je crois voir cette communication chez des embryons de pigeon, au stade correspondant, et, comme on sait, Gasser (1) a récemment observé le même fait chez des embryons d'oie, alors qu'il ne pouvait trouver la fente chez les poulets. C'est également en vain que j'ai cherché cette fente chez le poulet, bien que, suivant le précepte de Kölliker, j'eusse employé dans mes incubations de basses températures, pour obtenir un lent développement. Il peut se faire cependant qu'une communication de très courte durée existe aussi chez le poulet entre la moelle et l'endoderme, sans quoi le poulet ferait sur ce point une importante exception. Mais la question ne saurait encore être tranchée, parce que pour des observations de ce genre le hasard joue un trop grand rôle. Jusqu'à présent, la fente des Amniotes aurait été constatée par Gasser chez l'oie et par moi chez le perroquet ondulé

1. *Der Primitivstreifen bei Vogelembryonem.* Cassel, 1879, pl. 8.

et la colombe (?); à ces faits il faudrait peut-être, suivant moi, ajouter une récente observation faite par Balfour sur des embryons de Lacerta muralis, bien que Balfour place la fente à l'extrémité postérieure de l'embryon et en arrière de celle-ci, ce qui n'est point le cas chez les oiseaux.

Wurtzbourg, 14 juillet 1879.

DE L'ADAPTATION ET DU MIMÉTISME CHEZ LES TUBELLARIÉS

PAR PAUL HALLEZ

Maître de conférences à la Faculté de médecine de Lille (1).

La théorie des ressemblances protectrices des animaux ou du mimétisme, qui rend tous les jours de si grands services aux sciences naturelles, en donnant l'explication de phénomènes qu'il serait impossible d'interpréter sans son secours, est aujourd'hui suffisamment connue dans son ensemble, grâce aux remarquables travaux de Lamarck, Darwin, Wallace, A. Giard et autres éminents naturalistes, pour qu'il soit utile d'entrer ici dans des considérations générales à ce sujet. Je me contenterai donc dans ce chapitre de faire connaître les faits particuliers que j'ai pu observer par moi-même, en ne m'occupant exclusivement que de ceux qui sont relatifs à la classe des Turbellariés.

L'étude attentive des formes nombreuses que j'ai rencontrées m'a persuadé qu'il n'existe peut-être pas une seule espèce qui ne présente des adaptations protectrices vraiment remarquables au point de vue de la couleur.

La *Leptoplana tremellaris* est souvent extrêmement difficile à se procurer, tant elle se confond facilement avec les corps sur lesquels elle se tient. Il faut, pour ainsi dire, que l'œil ait acquis une certaine éducation pour qu'on puisse arriver à la distinguer. Je me souviens avoir un jour pêché une vingtaine de Trémellaires en une heure environ, tandis que quelques-uns de mes amis, qui en cherchaient également à mon côté, ont eu beaucoup de peine pour en ramasser deux ou trois. Il est certain que ces animaux ne seraient nullement visibles s'ils ne se contractaient légèrement au moment où l'on retourne la pierre en la sortant de l'eau.

(1) Cet article est extrait de l'excellente thèse pour le doctorat ès sciences naturelles de M. P. HALLEZ, publiée sous le titre de : *Contribution à l'histoire naturelle des Turbellariés*, et remarquable par le grand nombre d'observations personnelles sur la structure, l'embryogénie, la classification et la filiation des Turbellariés. Nous recommandons vivement ce travail aux lecteurs désireux d'étudier ce groupe d'animaux. M. HALLEZ est un élève de M. GIARD, le seul des zoologistes français qui ait su former une École à la hauteur de la science moderne, par la méthode adoptée dans ses travaux, et par la largeur de vues qui préside à ses recherches. J. — L. L.

L'*Hypostomum viride*, dont les téguments renferment de la chlorophylle, habite exclusivement les conferves d'eau douce. Le meilleur moyen de se procurer cette espèce est de recueillir des conferves et de la chercher au milieu des filaments entrecroisés de ces algues. Le *Typhloplana viridata* et le *Vortex Graffii*, que je décris plus loin, espèces qui sont également colorées en vert par des grains de chlorophylle, se rencontrent également au milieu des conferves.

Il existe à Wimereux deux espèces de *Vorticeros* : le *Vorticeros pulchellum* O. Schm., var. *luteum*, qui est d'un beau jaune serin, et le *Vorticeros Schmidtii* Nov. Spec., qui est coloré en rouge. La première espèce ne se rencontre qu'au milieu des Bugula, ou dans les touffes de Campanulaires; la seconde, au contraire, vit constamment au milieu des algues rouges. Ce fait est très frappant; j'ai bien des fois isolé dans des aquariums différents des touffes de Bugula et de Campanulaires, et dans d'autres des algues rouges, et toujours j'ai trouvé l'espèce jaune dans les premiers, l'espèce rouge dans les seconds. C'est également dans les aquariums renfermant des algues rouges que j'ai rencontré le *Prostomum Steenstrupii*, le *Vortex vittata*, le *Dinophilus metameroïdes* Nov. Spec., et l'*Enterostomum fingalianum*, dont la coloration est également rouge.

Les espèces qui habitent les fossés dont le fond est argileux ou couvert de pierres présentent une coloration très voisine de la couleur de l'argile : qu'il me suffise de citer *Planaria fusca*, *viganensis*, *gonocephala*, *Dendrocœlum angarense*, *Derostomum galizianum*, etc.

Planaria nigra, bien qu'accompagnant fréquemment les espèces précédentes, est cependant bien plus abondante dans les fossés dont la vase est noire et putride; les naturalistes qui ont conservé des Planaires d'espèces différentes dans des aquariums ont d'ailleurs pu remarquer que, quand l'eau se corrompt, on voit successivement disparaître *Dendrocœlum lacteum*, puis *Planaria fusca*, tandis que la *Planaria nigra* résiste parfaitement dans des eaux même fortement corrompues. A propos de la *Planaria nigra*, je signalerai encore la ressemblance étonnante qu'elle présente avec *Limase parvulus*, surtout quand ce petit gastéropode rampe à la surface de l'eau.

Le *Mesostomum personatum*, qui est également noir, est toujours commun dans les fossés où abonde *Planaria nigra*.

Enfin, je signalerai encore ici la Planaire bleue tachetée de jaune qui vit en parasite sur le *Botryllus violaceus* et la *Pl. Schlosseri*, qui ont été signalées par M. le professeur A. Giard (1).

(1) *Recherches sur les Synascidies*, page 58, pl. XXVII, fig. 9, et *Contributions à l'hist. nat. des Ascidies* (*Archiv. Zool.*, II, 1873).

On peut donc dire, d'une manière générale, que les Turbellariés prennent tous la couleur des objets sur lesquels ils vivent.

Les espèces plus ou moins transparentes, telles que *Mesostomum Ehrenbergii*, *M. tetragonum*, *Dendrocœlum lacteum*, etc., etc., se trouvent également protégées, quel que soit le corps sur lequel elles se posent, parce que la coloration de la pierre ou de la plante reste apparente à travers les parois du corps de ces animaux. Il est digne de remarque que les Rhabdocœles transparents nagent beaucoup plus volontiers au milieu des fossés et des ruisseaux que les espèces colorées. J'en ai eu la preuve non seulement en faisant des observations dans mes aquariums, mais encore par la manière dont on peut principalement se procurer les différentes espèces de Rhabdocœles. Ainsi, tandis que je me suis toujours procuré facilement les espèces vertes en les recherchant au milieu des Conferves, au contraire, c'est en pêchant au filet fin que j'ai rencontré la plus grande quantité de *Mesostomum Ehrenbergii, tetragonum* et *rostratum*. Ces différences dans les habitudes des Rhabdocœles colorés et des Rhabdocœles transparents s'expliquent facilement en les considérant comme étant en rapport avec le mimétisme; il est clair que les espèces vertes, par exemple, ne seraient nullement protégées si elles nageaient au milieu de l'eau, tandis que dans ces conditions les espèces transparentes sont aussi bien dissimulées que sur n'importe quel corps.

Je ferai encore remarquer que *Dendrocœlum lacteum* ressemble étonnamment, quand il reste immobile, à une foliole morte et séparée de *Lemna trisulca;* cette ressemblance est telle, que bien souvent elle m'a induit en erreur : ce fait peut, je crois, expliquer pourquoi cette espèce semble affectionner les fossés dans lesquels cette plante abonde.

Enfin, je rappelle ici pour mémoire le fait de mimétisme si intéressant que j'ai signalé plus haut à propos des *œufs d'été* et des *œufs d'hiver*.

Tous les faits que je viens de consigner sont bien certainement le résultat d'adaptations spéciales, le résultat du mimétisme, et viennent donner un appui de plus à la théorie de la couleur protectrice, si parfaitement exposée par Wallace (1). Ils peuvent aussi nous expliquer les modifications de coloration que présente quelquefois une même espèce dans des localités différentes. Ainsi le *Vorticeros pulchellum*, observé par Oscar Schmidt dans la mer du Nord et par L. Graff à Messine, est rouge; la même espèce à Wimereux est jaune;

(1) *La sélection naturelle*, 1872.

il est probable que dans les deux premières localités ce *Vorticeros* vit sur les algues rouges; je ferai remarquer en outre que les deux habiles observateurs que je viens de nommer n'ont trouvé qu'une seule espèce appartenant à ce genre. A Wimereux, au contraire, il existe deux espèces de *Vorticeros ;* il est donc probable qu'une concurrence vitale a dû s'établir entre ces deux formes voisines, concurrence à la suite de laquelle une des deux espèces est allée habiter les Bryozoaires et les Campanulaires et s'est adaptée par voie de sélection au milieu sur lequel elle vivait, tandis que l'autre restait sur les algues rouges et conservait sa livrée protectrice.

Le plus ordinairement, le changement de couleur résultant du changement de milieu est accompagné d'autres modifications dans la forme du corps, de telle sorte que l'on a fait de ces deux variétés deux espèces différentes.

Le cas des *Vorticeros* que je viens de signaler en est une preuve. La présence de deux longs tentacules chez le *Vorticeros pulchellum* est sans doute en rapport avec l'habitat de cette espèce ; en effet, j'ai dit que cet animal se trouvait dans la zone à *Bugula,* c'est-à-dire dans une zone plus profonde que celle où l'on rencontre le *Vorticeros Schmidtii* Nov. Spec. ; or je montrerai plus loin que la plupart des espèces pélagiques sont pourvues de tentacules, tandis que les espèces littorales en sont généralement privées.

Je citerai encore comme exemple la *Planaria viganensis.* Cette jolie espèce, qui fut trouvée par Dugès au Vigan, petite ville située au pied des Cévennes, vit dans les fontaines d'eau très pure; M. le professeur Giard m'en a procuré des exemplaires qu'il avait trouvés également dans des ruisseaux d'eau courante et pure, à Bas-Meudon et à Wimereux. Eh bien, la *Planaria viganensis*, d'après les individus que j'ai examinés, paraît être extrêmement voisine de *Planaria nigra*, dont elle ne se distingue guère que par sa coloration et la forme de sa tête; elle est d'un brun chocolat en dessus et grise en dessous, et sa tête, plus large que celle de la *Planaria nigra*, est auriculée. On peut donc considérer la *Planaria viganensis* comme une forme particulière de la *Planaria nigra* adaptée à des eaux courantes et limpides. Le pigment noir de cette dernière Planaire, qui la protège efficacement quand elle habite des eaux dont la vase est noire, devient au contraire un point de mire quand elle va habiter des ruisseaux dont le fond est garni de cailloux, le plus ordinairement siliceux; aussi ne devons-nous pas nous étonner si cette coloration s'est modifiée sous l'influence de la sélection, de manière à devenir de nouveau protectrice.

Quant aux auricules, je montrerai tout à l'heure qu'elles sont aussi le résultat d'une adaptation particulière, car on ne les rencontre que dans les espèces qui habitent des eaux courantes et la haute mer.

La *Planaria fusca* présente aussi, comme la *Planaria nigra*, une variété spéciale aux eaux limpides et courantes : c'est la *Planaria gonocephala* Dugès (1). J'ai rencontré cette dernière à Montigny-sur-Roch, près de Valenciennes, dans les ruisseaux d'eau de source qui coulent au pied du Caillou-qui-Bique, et dont le fond est garni de cailloux. Oscar Schmidt (2) l'a aussi observée dans des eaux limpides et courantes, dans les environs de Gratz. Par tous les détails de son organisation, et notamment par la structure de ses organes génitaux, qui sont semblables à ceux de *Planaria fusca*, cette espèce est identique à *Planaria fusca*, dont elle ne se distingue que par son allure plus vive et par la forme de sa tête. Celle-ci, en effet, est nettement triangulaire; elle présente deux petits tentaculiformes, situés l'un à droite et l'autre à gauche, à la base du triangle, et sa face supérieure est pourvue d'une carène sur la ligne médiane. La coloration de cette espèce est la même que chez *Planaria fusca;* on comprend, en effet, qu'ici le pigment ne se soit pas modifié, puisque cette dernière Planaire, qui vit principalement dans les eaux dormantes dont le fond est garni de pierres, présente précisément une coloration très voisine des cailloux sous lesquels on la trouve le plus ordinairement.

J'ai dit un peu plus haut que les tentacules ne se rencontraient en général que dans les espèces vivant dans les eaux courantes. Je viens de citer deux exemples parmi les Planaires d'eau douce; je ferai encore remarquer que les Planaires marines, qui sont pourvues de tentacules (*Stylochus*, *Thysanozoon*, *Broceros*, *Eurylepta*, etc.), ne se rencontrent qu'accidentellement sur les côtes; il faut, en général, pour les atteindre, profiter des grandes marées, et quelques-unes même, telles que certaines espèces de *Stylochus* et de *Thysanozoon*, habitent la haute mer. Au contraire, les espèces essentiellement littorales et vivant constamment abritées sous les pierres, comme la *Leptoplana tremellaris*, par exemple, ne présentent aucun appendice en forme de tentacule.

L'existence de tentacules chez une espèce constitue pour cet animal

(1) Voyez Dugès (*Ann. Sc. nat.*, 1re sér., t. XXI, 1830, pl. II, fig. 22) et Oscar Schmidt, *Die Dendrocœlen Strudelwürmer aus den Ungebungen von Gratz* (pl. IV, fig. 4 et 6) et *Untersuchungen über Turbellarien von Corfu und Cephalonia* (pl. II, fig. 6, 7 et 8), car je crois que la *Planaria sagitta* O. Schm. ne peut pas être distinguée de la *Planaria gonocephala* Dugès.

(2) *Die Dendrocœlen Strudelwürmer aus den Ungebungen von Gratz* (*Zeitschrif. f. wisschen. Zool.*, X, 1860).

un avantage incontestable, car ces appendices sont des organes de tact souvent extrêmement sensibles, et d'autant plus précieux qu'ils sont plus développés; on pourrait presque dire que les services qu'ils rendent sont en raison directe de leur longueur; ils sont, en effet, d'autant plus utiles, qu'ils permettent à l'animal de reconnaître à une plus grande distance, soit un obstacle, soit un ennemi, soit une proie. D'un autre côté, on comprend que des tentacules ne rendraient guère de services aux espèces vivant sur des fonds vaseux, et souvent même dans la vase, comme *Planaria nigra*, pour ne citer qu'un seul exemple. C'est là, je crois, qu'il faut aller chercher l'explication de l'absence des tentacules dans les espèces d'eau douce vivant au milieu d'eaux dormantes et vaseuses, et dans les espèces littorales qui habitent un milieu très analogue.

En tout cas, le fait des modifications adaptives subies par ces animaux me paraît parfaitement établi.

Un autre genre de mimétisme, qui joue également un rôle important, au point de vue de la protection, dans un certain nombre d'espèces, est celui qui est occasionné par le régime de l'animal. Les espèces blanches ou transparentes présentent, après avoir mangé, la coloration des corps dont ils ont rempli leur estomac. Je n'aurais pas même mentionné cette cause toute particulière de protection, si, dans ma pensée, je ne lui accordais une part active dans la coloration des téguments de certaines espèces. Je crois, en effet, qu'au moins dans quelques cas l'alimentation doit entrer comme facteur, au même titre que la sélection naturelle, pour la formation des variétés de couleur. Cette assertion ne repose pas sur une simple vue de l'esprit, mais bien sur des faits d'observation, comme je vais le montrer.

Afin d'arriver à me procurer des capsules ovigères dont l'âge me fût rigoureusement connu, j'ai élevé des *Dendrocœlum lacteum* dans mes aquariums. La nourriture que je leur donnais consistait en grande partie en larves de Chironomes. Quand une Planaire a mangé une ou plusieurs de ces larves, ses ramifications gastriques sont injectées en rouge, et, en l'examinant avec soin, on voit que le réticulum lui-même prend, quelque temps après, une teinte rosée. Il n'est pas douteux que, dans ce cas, une partie au moins de la matière colorante rouge est absorbée par la paroi intestinale et passe ensuite par diffusion jusque dans le réticulum conjonctif.

Un autre exemple bien plus remarquable nous est offert par le *Dinophilus vorticoïdes*. Cette intéressante espèce est vivement colorée en rouge, et, en l'examinant au microscope, on voit que la matière colorante n'est pas régulièrement distribuée, mais que son intensité

est beaucoup plus grande dans l'estomac que partout ailleurs. Mereschkowsky (1) nous a fait connaître les éléments qui donnent à l'animal sa coloration : ce sont des gouttelettes d'apparence graisseuse réunies en petites sphères et qui n'ont rien de commun avec les grains de pigment ordinaire. « Les parois de l'estomac, dit-il, sont tapissées de cellules arrondies remplies de corpuscules orangés et de gouttes d'huile. La coloration du corps est due à ces corpuscules de matière colorante orangée, qui sortent des cellules arrondies de l'estomac et se dispersent dans toutes les parties du corps. »

Je crois également que l'on peut se rendre compte de l'origine de la matière colorante dans l'intestin, si l'on tient compte du régime des *Dinophilus ;* les seules substances alimentaires que j'aie rencontrées dans leur appareil digestif sont des diatomées et des débris d'algues rouges. Je pense donc que leur alimentation est essentiellement végétale et que, par suite, leur trompe doit surtout leur servir à brosser la surface des végétaux pour en détacher les diatomées et quelques débris de la plante, et non à saisir un animal vivant comme la trompe des Prostomes et autres genres proboscifères ; d'ailleurs la conformation du pharynx des Dinophiliens diffère essentiellement de celle du pharynx des Rhabdocœles carnivores. Eh bien, les diatomées et les algues rouges renferment, comme l'ont montré les belles recherches de MM. Millardet et Kraus (2), ainsi que celles de Rosanof, des matières colorantes particulières, et entre autres des substances dichroïques appelées par les premiers *Phycocyamine* et par le second *Phycoérythrine.* Je crois, après tout ce que je viens de dire, qu'il est permis d'admettre que la matière colorante rouge des Dinophiliens n'est autre que celle des algues, modifiée ou non et peut-être dissoute dans une substance grasse particulière, en tout cas dans une substance fortement réfringente.

Le cas des *Dinophilus* est certainement le plus beau que l'on puisse citer, dans l'état actuel de la science, comme exemple de l'influence de l'alimentation sur la coloration des animaux, et par suite du rôle que peut jouer la nourriture comme facteur du mimétisme.

Je ne sache pas que jusqu'à présent l'attention des naturalistes ait été attirée sur cet ordre de faits ; je suis d'autant plus heureux d'avoir pu le faire que je suis convaincu qu'il y a tout un vaste champ à exploiter, et que l'importance des aliments considérés à ce point de vue peut être beaucoup plus considérable qu'on ne le suppose aujourd'hui.

PAUL HALLEZ.

(1) *Ueber einiger Turbellarien der Weissen Meeres* (*Archiv. für Naturgeschichte*, 1879, p. 52).
(2) Comptes rendus, LXVI.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences de Paris.

Séance du 8 septembre 1879.

CHAUVEAU. *De la prédisposition et de l'immunité pathologique, en ce qui concerne le charbon.* — L'auteur démontre à l'aide d'expériences que non seulement des animaux d'espèces différentes ne sont pas également susceptibles de contracter le charbon, mais encore que dans une même espèce les différentes races ne sont pas également exposées à la contagion et résistent plus ou moins à l'inoculation directe. Des moutons venus d'Algérie, aujourd'hui très répandus sur le marché de Lyon et appartenant à la race dite *barbarine*, se sont particulièrement montrés rebelles à l'inoculation du charbon.

DE LAFITTE. *Sur les causes de réinvasion des vignobles phylloxérés.* — On a invoqué pour expliquer la réinvasion des vignobles au mois d'août les aptères domiciliés sur les vignes voisines non traitées; l'auteur n'admet pas cette cause, ou du moins croit qu'on en a beaucoup exagéré l'importance, les insectes promeneurs ne faisant que fort peu de chemin et le vent ne pouvant guère les entraîner. Il ne croit pas non plus qu'on puisse attribuer la réinvasion aux aptères provenant par générations successives de l'œuf fécondé ou *œuf d'hiver*, et qui sont gallicoles. Leur fécondité est, il est vrai, prodigieuse; mais à défaut de galles, que l'on ne rencontre qu'exceptionnellement sur les cépages français, ces aptères se trouvent exposés sans protection à toutes les intempéries du climat et à une foule d'ennemis. « On ne peut donc leur attribuer quelque importance que pour les ceps où les ailés ont été très abondants l'année précédente et où les œufs d'hiver sont, en conséquence, très nombreux. » — « Chez le phylloxéra, la fécondité va diminuant sans cesse, à mesure que les générations se succèdent. En m'appuyant, d'après M. Balbiani, sur la loi de cette dégénérescence spéciale, sur le petit nombre des œufs pondus par l'ailé, sur le petit nombre de ses gaines ovigères, j'ai montré qu'un ailé est toujours séparé par un très grand nombre de générations et l'ailé dont il descend, que ce nombre est très supérieur à celui des générations qui se succèdent du 15 avril, où l'œuf d'hiver éclôt, au mois de novembre, où les hivernants apparaissent, et j'ai annoncé qu'on ne rencontrait jamais d'*ailés* parmi les *insectes de première année*. De là cette conséquence que deux traitements souterrains faits deux années consécutives peuvent suffire à tout sans qu'on ait besoin de s'inquiéter des œufs d'hiver. »

SCHNETZLER. *Observation sur le rôle des Insectes pendant la floraison de* l'Arum crinitum AIT. — La spathe de l'*Arum crinitum* répand une odeur si prononcée de viande corrompue, que les insectes qui pondent leurs œufs sur les matières animales en décomposition sont attirés par cette odeur fétide. On trouve souvent au fond de la spathe des adultes et des larves de *Musca Cæsar*. Les insectes, après être

parvenus dans le fond de la spathe, ne peuvent que difficilement en sortir, à cause des poils visqueux dirigés de haut en bas qui garnissent la face interne de la spathe. Ces insectes ne peuvent donc pas servir à la fécondation de l'*Arum crinitum ;* un petit nombre seulement parviennent à s'échapper. La plupart sont décomposés après leur mort par un liquide acide que sécrètent les poils et sont probablement absorbés.

Séance du 15 septembre 1879.

Lockyer. *Expériences tendant à démontrer la nature composée du phosphore.* — J'espère, dit l'auteur, que les expériences suivantes suffiront pour établir la nature composée du phosphore :

1° Le phosphore chauffé dans un tube avec du cuivre donne un gaz qui montre le spectre de l'hydrogène, très brillant.

2° Le phosphore seul chauffé dans un tube où le vide a été fait par l'appareil de Sprengel ne donne rien.

3° Le phosphore, au pôle négatif dans un tube semblable, donne très abondamment un gaz qui montre le spectre de l'hydrogène, mais qui n'est pas PH^3.

Les résultats suivants ont été obtenus par la méthode récemment décrite devant la Société royale de Londres (*Proced. of the Roy. Soc.*, XXIX, p. 266) :

1° Du sodium distillé soigneusement, condensé dans un tube capillaire et placé dans une cornue, donne 20 volumes d'hydrogène.

2° Du phosphore, soigneusement desséché, donne 70 volumes de gaz, principalement de l'hydrogène, qui cependant n'est pas PH^3, bien qu'il donne certaines lignes du phosphore; ce n'est pas PH^3, parce qu'il n'agit pas sur $CuSO^4$.

3° Du magnésium soigneusement préparé par M. Matthey donne des colorations splendides; nous avons d'abord l'hydrogène, puis la raie D (mais non pas celle du sodium, car la raie verte est absente), puis les raies vertes du magnésium, la raie bleu *b*, enfin divers mélanges de toutes ces raies dès que la température est augmentée, la raie D étant toujours la plus brillante; 2 volumes ($\frac{1}{2}$ c.c.) d'hydrogène seulement ont été recueillis.

4° Avec le gallium et l'arsenic, la pompe étant toujours en mouvement, il ne se dégage aucun gaz.

5° Le soufre et quelques-uns de ses composés ont toujours donné SO^3.

6° Avec l'indium, l'hydrogène apparaît avant l'échauffement.

7° Le lithium donne 100 volumes d'hydrogène.

Les conditions des expériences ont toujours été les mêmes, la substance seule variant.

Les volumes signalés sont ceux qui ont été généralement obtenus.

Presque toutes les expériences ont fini par la rupture du tube.

Arloing. *Nouvelles expériences sur le mode d'action du chloral envisagé comme anesthésique.* — L'auteur tire de ses expériences les conclusions suivantes : « 1° Le chloral se décompose en chloroforme et formiates alcalins dans le sang des animaux. 2° Les effets anesthésiques du chloral sont dus au chloroforme. 3° Les formiates alcalins favorisent mécaniquement leur production en augmen-

tant la vitesse de la circulation et en facilitant ainsi l'imprégnation des éléments nerveux par l'agent anesthésique. »

Séance du 22 septembre 1879.

CH. SÉDILLOT. *De l'évolution en médecine.* — On met à la retraite les administrateurs, les militaires, les professeurs qui ont atteint un certain âge. Les académiciens seuls sont immortels. En sa qualité d'académicien, M. Sédillot est immortel, mais l'immortalité a ses inconvénients, ceux du grand âge. Qu'on se rappelle la façon dont M. Bouilleau a accueilli le phonographe. Il le prit pour un ventriloque.

A. GIARD. *Sur l'organisation et la classification des Orthonectida.* — J'ai signalé dans une précédente communication (*Comptes rendus* du 29 octobre 1877) l'existence d'une classe nouvelle d'animaux, qui présentent, d'une façon permanente, la forme ordinairement transitoire appelée *planula* par les embryogénistes.

De nouvelles recherches me permettent de compléter aujourd'hui l'histoire de ces animaux et de préciser la place qu'ils doivent occuper dans l'embranchement des Vers. Mes recherches ont porté sur l'*Intoshia linei*, parasite d'un Némertien, et sur deux espèces parasites des Ophiures, *Rhopalura ophiocomæ* et *Intoshia gigas*.

Les mouvements indépendants des cils vibratiles, que j'avais constatés chez ces parasites, sont dus à la présence de bandes musculoïdes, appartenant aux cellules endodermiques et constituant un pseudo-mésoderme splanchno-pleural, analogue au pseudo-mésoderme sumato-pleural formé, chez les Cœlentérés, par les cellules épithélio-musculaires de Kleinemberg et Korotneff.

Je donne à l'ensemble de ces éléments le nom de *pseudo-mésoderme*, parce que je crois devoir réserver le nom de *mésoderme* proprement dit à d'autres formations qui n'existent pas chez les Orthonectidées et dont l'homologie chez les divers groupes de Métazoaires est assez difficile à établir.

Je distingue :

1° Un *mésoderme solide*, formé de très bonne heure aux dépens des cellules endodermiques de l'embryon (rudiment de la corde des Tuniciers et des Vertébrés; cellules squelettogènes de l'embryon des Echinodermes; cellules mésodermiques, issues des quatre premières sphères de l'endoderme des Planaires et de la Bonellie, d'après les travaux de P. Hallez et de Spengel, etc.).

2° Un *mésoderme cavitaire*, formé par des diverticules de l'endoderme (entérocœles) et paraissant généralement à une époque plus tardive (système aquifère des Echinodermes; entérocœle des Tuniciers, des Brachiopodes, de la *Sagitta*, de l'*Amphioxus*, etc.).

Le mésoderme solide donne surtout naissance au système musculaire; le mésoderme cavitaire forme principalement les organes vasculaires.

Le rôle physiologique d'un élément histologique n'a d'ailleurs qu'une importance secondaire pour la détermination des homologies phylogéniques. Un élément musculaire, par exemple, naîtra toujours là où le besoin s'en fera sentir, tantôt

dans un rudiment d'origine endodermique, tantôt aux dépens d'éléments exodermiques (Némertiens). Il pourra même n'être formé que d'une portion de cellule (plastidule), comme cela arrive chez les Infusoires, chez les Cœlentérés et chez les Orthonectidées.

La reproduction des *Orthonectida* s'accomplit de deux manières différentes :

1° Par voie de sexualité. — Il y a, suivant les cas, formation d'une *blastula* qui se dilamine (*Intoshia gigas*), ou reproduction d'une *gastrula* épibolique qui se ferme définitivement (*Rhopalura ophiocomæ*). Dans l'une ou l'autre alternative, le résultat est une *Planula* ciliée, permanente, à exoderme métamérisé. Les métamères exodermiques comprennent chacun un seul rang de cellules chez les *Rhopalura*, plusieurs rangs chez les *Intoshia*.

2° Par gemmiparité à l'intérieur d'énormes sporocystes, constitués par l'endoderme de l'animal progéniteur. — C'est grâce à cette reproduction gemmipare que les *Orthonectida* se rencontrent en si grande abondance dans un animal infesté.

Ce double mode de reproduction rapproche les *Orthonectida* des *Dyciemida* et des autres Vers parasites (*Trematoda* et *Cestoda*). Leur organisation plus simple pendant la période embryonnaire nous conduit à les placer au-dessous des *Dyciemida*. L'embranchement des *Vermes* devra donc comprendre les classes suivantes :

1° *Orthonectida* ;
2° *Dyciemida* ;
3° *Trematoda* ;
4° *Cestoda* ;
5° *Turbellaria* (Planaires et Némertiens).

Parmi les animaux classés autrefois avec les précédents, les uns (Bryozoaires, Annélides et groupes satellites) se relient intimement aux Mollusques vrais, auxquels je les réunis pour constituer l'embranchement des *Gymnotoca* ; les autres forment un ensemble qu'on peut appeler *Nematelmia* et qui renferme les *Nematoïda*, les *Echinoryncha*, les *Desmoscolecida*, les *Gastrotricha*, etc. Les Tuniciers doivent être placés à la base de l'embranchement des Vertébrés.

Les *Orthonectida* sont des Gastræades ramenés par le parasitisme à l'état de *Planula* ; leur importance au point de vue de la théorie de la *Gastræa* est bien plus grande que celle des *Physemaria*. Ces derniers, en effet, ne conduisent qu'au rameau des Cœlentérés, qui se termine en cul-de-sac, tandis que les *Orthonectida* représentent la souche des Vers et appartiennent par conséquent au tronc de l'arbre généalogique des Métazoaires.

Séance du 29 septembre 1879.

J. Béchamp. *Sur la présence de l'alcool dans les tissus animaux pendant la vie et après la mort.* — « MM. Schader et Dusch ont fait voir que la viande bien cuite pouvait se conserver, en présence de l'air filtré, pendant quelques semaines sans altération ; que la viande chauffée au bain-marie, c'est-à-dire seulement coagulée à la surface, se putréfiait, quoiqu'elle fût placée dans les mêmes conditions ; enfin que le lait lui-même, dans les mêmes expériences, se caillait. » L'auteur cherche à expliquer la cause de ces altérations. Il a trouvé dans les tissus un certain nombre

de bactéries et des *microzymas*. On sait que la dynastie Béchamp cultive les microzymas. L'auteur trouve de l'alcool dans les tissus putréfiés et attribue des productions auxdits microzymas. Il pense même que les transformations qui pendant la vie s'opèrent dans les tissus animaux sont dues aux microzymas. Les Vibrions de M. Pasteur n'ont qu'à se bien tenir. Les microzymas de la dynastie Béchamp leur font une guerre acharnée. A qui la victoire?

Couty et de Lacerda. *Sur un nouveau curare extrait d'une seule plante, le* Strychnos triplinervia. — Les auteurs ont obtenu avec le *Strychnos* des extraits qui présentent toutes les propriétés physiologiques du curare complexe préparé par les Indiens. Ce curare est moins actif, mais il permet « de produire en quelques instants une curarisation que l'on peut arrêter à ses diverses périodes ».

Société des sciences de Bordeaux.

Séance du 24 juillet.

M. Millardet. *Sur le Pourridié de la vigne.* — Cette maladie présente plusieurs analogies avec la maladie du phylloxera; elle la simule et la complique. Il était donc important de donner avec soin les caractères distinctifs de chacune d'elles, et d'attribuer à l'une et à l'autre la part exacte qui leur revient, en un cas donné, dans la destruction du vignoble.

Le Pourridié est bien connu des viticulteurs. Outre ce nom, il porte encore ceux de Champignon blanc, Blanquet. Dans le Lot-et-Garonne, il est d'expérience qu'il se déclare habituellement dans les vignes plantées sur défrichements de chênes, une vingtaine d'années après la plantation.

Jusqu'à présent, les viticulteurs n'ont su le caractériser que par l'existence de cordons blancs ou blanchâtres, irrégulièrement et souvent élégamment ramifiés, qui remplissent les écorces des souches malades. L'ablation d'une certaine épaisseur de l'écorce suffit à mettre cet organisme à jour.

Les botanistes ont pénétré un peu plus avant dans la connaissance de cette affection. Deux observateurs, M. Schnetzler (1877) et M. Planchon (1879), ont rapporté récemment ce champignon au genre Rhizomorpha. M. Planchon, se fondant sur un certain nombre de considérations, qui sont loin d'avoir toutes la même valeur, estime même que ce *Rhizomorpha* n'est autre que le *R. fragilis* Roth.

Mes recherches confirment l'opinion de ce dernier auteur. En effet, si l'on dégage avec soin les couches pourridiées de la terre qui les enveloppe, on voit assez fréquemment des cordons arrondis, grêles, de couleur brune, appartenant à la forme subterranea du *R. fragilis*, comme implantés à la surface de la plante. Ces cordons peuvent être deux choses : ou bien ils viennent de l'extérieur et pénètrent dans la plante au point donné, ou bien ils sortent de la plante, dans ces mêmes points, pour se porter au dehors sur une racine dont ils opéreront l'infection.

Si l'on enlève des tranches minces d'écorce, on trouve dans toutes les racines

des tiges pourridiées, dès l'origine de la maladie des cordons blancs ou rougeâtres, plus ou moins ramifiés, dont il a été question plus haut. Plus fréquents dans l'écorce, surtout au début de la maladie, ils se montrent aussi plus tard dans la région ligneuse des rayons médullaires et même dans la moelle. Examinés au microscope, ces cordons se montrent pourvus d'une enveloppe d'un brun plus ou moins foncé et d'une épaisseur en général très faible. La minceur de cette enveloppe est cause que, lorsqu'on enlève l'écorce d'une racine pourridiée, l'enveloppe se déchire en se séparant de son contenu et reste adhérente au lambeau d'écorce. Alors l'observateur, au lieu d'avoir sous les yeux la surface externe brune du cordon rhizomorphique, en découvre le contenu constitué par un tissu blanc ou blanchâtre, feutré.

Ces cordons intracorticaux du *R. fragilis* constituent la forme subcorticalis de ce dernier. Ce sont eux qui déterminent la pourriture et la destruction de la racine tout entière. De chacun d'eux, en effet, partent des filaments nombreux qui parcourent tous les tissus, percent et remplissent les cellules, qu'ils tuent et désorganisent. C'est surtout par les rayons médullaires que le champignon pénètre jusqu'au cœur de la racine, forment çà et là, dans les vaisseaux ou la moelle, des cordons rhizomorphiques souvent microscopiques.

La marche de la maladie est la suivante :

Dès que la forme *subterranea* est arrivée en contact avec une racine, elle pénètre jusqu'à la région moyenne de la partie vivante de l'écorce. Là, elle donne naissance à des cordons aplatis (forme subcorticalis) qui s'accroissent en divers sens, les uns descendant vers l'extrémité de la racine pendant que les autres remontent vers sa base. C'est ainsi que des racines de plus en plus grosses se trouvent envahies. Lorsque le Rhizomorpha est arrivé à la tige, son développement devient plus rapide et plus dangereux encore : il embrasse rapidement cette dernière, remonte jusqu'au niveau du sol; enfin, maître de la position, il ne tarde pas à envahir toutes les racines qui partent de la souche.

Dès l'origine de la maladie, les racines envahies présentent des irrégularités, des bosselures qui offrent une certaine ressemblance avec les tubérosités phylloxériques, mais qui peuvent toujours en être distinguées par leur forme allongée et la présence dans leur épaisseur des cordons du *R. subcorticalis*.

L'expérience démontre que, dans le cas bien caractérisé, une année suffit à la destruction complète de tout le système souterrain des ceps les plus vigoureux et les plus âgés. Les observations récentes de M. Brefeld expliquent parfaitement la rapidité vraiment extraordinaire avec laquelle s'exerce l'action destructive du Rhizomorpha. En effet, ce botaniste a vu ce même champignon parcourir en vingt-quatre heures, dans les racines du Pin, qu'il envahit fréquemment, une distance moyenne de 2 à 3 centimètres.

Il serait donc facile, d'après ce que l'on vient de lire, de distinguer le Pourridié de la maladie phylloxérique. Malheureusement, et c'est un point que tous les auteurs ont négligé d'étudier, le Rhizomorpha complique souvent la maladie phylloxérique, de telle façon que chez bon nombre de vignes phylloxérées, dont l'écorce est criblée de Rhizomorpha, la cause première de la maladie et de la mort

est en réalité non le champignon que l'on voit, mais le phylloxéra qui a déjà disparu.

En effet, les personnes qui font arracher les vignes phylloxérées pourront constater que dans les terrains frais, argileux, une forte proportion des souches (30 à 50 0/0), longtemps avant la mort, sont fortement atteintes de Pourridié, et que celui-ci est la cause immédiate de leur dépérissement. Et cependant, avant l'invasion phylloxérique, le Pourridié n'avait pas été constaté dans ces mêmes terrains, ou du moins n'y avait exercé aucun ravage. Comment se fait-il que ce champignon, qui dans les conditions habituelles, en l'absence du phylloxera, n'exerçait aucune influence appréciable sur la santé du vignoble, une fois le phylloxera déclaré, puisse se développer avec assez d'intensité pour exercer une influence considérable sur la mortalité des souches? C'est ce qu'il ne m'est pas encore possible d'expliquer avec certitude. Toutefois, je vois, quant à présent, dans ce fait, une confirmation précieuse du rôle que j'attribue aux organismes parasitaires, champignons et autres, dans la maladie phylloxérique.

Le Pourridié essentiel, non celui qui complique la maladie phylloxérique, procède par taches, comme cette dernière. Il se différencie de celle-ci par le fait que les ceps, replantés à la place de ceux qui sont morts, végètent parfaitement, au lieu de périr plus ou moins rapidement, ainsi que cela a lieu pour la maladie du phylloxera. Dans ce développement centrifuge de la maladie se trouve une preuve nouvelle de la nature mycologique de cette dernière.

M. R. Hartig nous a appris, il y a quelques années, que le *R. fragilis* exerce des ravages considérables dans les forêts d'arbres verts. Les forestiers ont réussi à limiter son action en ouvrant un fossé de deux à trois pieds de profondeur autour du point infecté par le parasite. Comme le Pourridié de la vigne procède également par taches qui vont sans cesse en s'agrandissant, il est très probable que le même moyen pourrait servir également à limiter son extension.

La piqûre du phylloxera et la maladie qui en résulte n'ont aucune action sur la qualité du sucre contenu dans les racines de la vigne. D'une part, en effet, dans le Malbec et le Jurançon, ces organes ne contiennent jamais, à l'état phylloxéré comme à l'état sain, que du sucre de canne, et, d'autre part, la proportion relative de sucre réducteur et de sucre de canne, qui existe normalement dans la Folle-Blanche, ne varie pas d'une manière notable sous l'influence du phylloxera. C'est donc à tort que M. Boutin a prétendu que la maladie du phylloxera détermine l'intervention du sucre de canne.

La quantité du sucre contenu dans une racine phylloxérée ne commence à diminuer d'une manière notable que lorsque la pourriture atteint les points lésés par l'insecte. La diminution dans la proportion du sucre est proportionnelle au degré de la pourriture. Dans les racines entièrement pourries, le sucre a complètement disparu.

Cette diminution des matières sucrées dans la racine est essentiellement locale, dépendante des altérations de la racine au point observé, et non de l'état général de santé de la plante tout entière. Cependant, il faut remarquer que, d'une façon générale, dans la tige d'un cep malade depuis plusieurs années, dont la plupart des racines sont pourries et ne contiennent plus ou presque plus de sucre, on ne trouve pas une aussi forte proportion de ce dernier qu'à l'état normal. Mais cette

diminution est infiniment moins forte que dans les racines, et elle semble dépendre beaucoup de la distance qui sépare le point analysé de la tige, des racines pourries les plus rapprochées. Ce même fait s'observe sur une seule et même racine. A l'extrémité, si elle est complètement pourrie, il n'y a pas traces de sucre. Cette substance commence à apparaître dans les points qui ne sont pourris qu'en partie et augmente insensiblement en quantité, à moins qu'on ne se rapproche de la tige.

Comme la diminution du sucre et sa disparition dans une racine ou un fragment de racine coïncident toujours avec l'existence de la pourriture dans le même point de l'organe, et comme, ainsi qu'on vient de le voir, les causes générales qui pourraient expliquer la disparition du sucre doivent être écartées, il devient très probable que c'est à la pourriture directement qu'il faut attribuer le phénomène dont il s'agit.

Or, sans vouloir préjuger en rien la genèse de la pourriture en général, il est nécessaire de rappeler que M. Millardet a émis récemment l'opinion que, dans la maladie actuelle, la pourriture des tissus est due uniquement au développement d'organismes parasitaires, appartenant presque toujours à la classe des champignons. L'existence constante de ces derniers, au moins dans tous les points qui ont pris une coloration brunâtre, jointe à ce que nous savons de l'avidité de ces organismes pour les matières sucrées, donne une grande probabilité à l'opinion énoncée plus haut, d'après laquelle la disparition du sucre, dans les racines atteintes de pourriture phylloxérique, dépendrait de la consommation de cette substance par le mycélium du champignon.

Cette probabilité acquiert une sorte de certitude par la comparaison de la maladie actuelle des racines de la vigne avec certaines autres affections de ces mêmes organes par des champignons. Les maladies de ce genre qu'il nous a été possible d'étudier au point de vue du sucre sont le Pourridié ou Blanquet et une affection probablement encore inconnue, reconnaissable à ce fait que les écorces, surtout lorsqu'elles sont âgées de plus de deux ans, sous l'action d'un mycélium très fin, se transforment intégralement en une poudre blanche très terne, analogue à de la farine. Dans l'un et l'autre cas, le champignon pénètre dans le corps même de la racine, détermine la pourriture de cette dernière, et, plus tard, la mort de la plante.

En effet, nous avons vu plus haut que la maladie du phylloxera, contrairement aux assertions de M. Boutin, n'est nullement caractérisé par l'interversion du sucre de canne normal à la plante. Pas plus que la maladie du Phylloxera, le champignon du Pourridié et celui de la dégénérescence farineuse des écorces ne produisent l'interversion du sucre de la plante.

Ces deux maladies parasitaires, comme celle du phylloxera, sont accompagnées d'abord d'une diminution notable dans la proportion du sucre contenu dans l'organe affecté, puis de la disparition complète de cette substance. La diminution de la proportion du sucre augmente avec le degré d'altération de l'organe affecté, et cette substance a toujours complètement disparu lorsque les tissus sont pourris en totalité, c'est-à-dire pénétrés du mycélium du champignon.

Or, dans ces deux cas, la diminution et la disparition du sucre dépendent cer-

tainement du développement, dans les tissus, des champignons qui produisent la maladie. D'un autre côté, nous avons dit que, dans la maladie du phylloxera, il n'y a pas disparition du sucre sans pourriture, et que celle-ci est toujours accompagnée de mycéliums; on doit donc conclure que ces derniers, dans la maladie du phylloxera, comme dans le Pourridié et la dégénérescence farineuse des écorces, sont la cause véritable de la diminution d'abord, puis de la disparition complète des matières sucrées.

Il y a donc en réalité, malgré les apparences contraires, une ressemblance considérable entre la maladie du phylloxera, celle de Pourridié et celle de la dégénérescence farineuse des écorces.

Il est remarquable en effet, abstraction faite des autres analogies que révèle l'observation microscopique, que le sucre se comporte dans la plante atteinte de phylloxera exactement comme dans les deux autres maladies, bien que celles-ci soient dues uniquement à la présence de champignons dans les tissus. Bien plus, la complication de la maladie phylloxérique par l'une des deux autres ne change rien aux phénomènes de diminution et de disparition du sucre.

L'ensemble de ces faits constitue une confirmation indirecte de la théorie nouvelle des altérations que produit le phylloxera sur les racines de notre vigne européenne, telle qu'elle a été formulée, il y a une année, par M. Millardet. D'après cette théorie, ce sont les mycéliums qui, par leur pénétration dans les points attaqués par l'insecte, déterminent la pourriture des racines. Non seulement ces mycéliums ont été constatés directement à l'aide du microscope, dans tous les points envahis par la pourriture, mais encore les phénomènes de diminution et de disparition du sucre deviennent une preuve indirecte de leur existence dans tous ces points qui sont le siège de la pourriture.

CHRONIQUE

Comité consultatif d'hygiène.

Le président de la République française,

Sur le rapport du ministre de l'agriculture et du commerce,

Vu l'arrêté du Chef du Pouvoir exécutif, en date du 10 août 1848, établissant un comité consultatif d'hygiène publique près du ministère de l'agriculture et du commerce;

Vu les décrets, en date des 1er février et 2 décembre 1850, qui apportent à l'arrêté ci-dessus diverses modifications;

Vu les décrets, en date des 23 octobre 1856 et 5 novembre 1869, relatifs à l'organisation du comité consultatif d'hygiène publique;

Vu le décret, en date du 15 février 1879, relatif au mode de nomination des membres du comité,

Décrète :

Art. 1er. — Le comité consultatif d'hygiène publique, institué près du ministère de l'agriculture et du commerce, est chargé de l'étude et de l'examen de toutes les questions qui lui sont renvoyées par le ministre, spécialement en ce qui concerne :

Les quarantaines et les services qui s'y rattachent;

Les mesures à prendre pour prévenir et combattre les épidémies et pour améliorer les conditions sanitaires des populations manufacturières et agricoles;

La propagation de la vaccine;

L'amélioration des établissements thermaux et le moyen d'en rendre l'usage de plus en plus accessible aux malades pauvres ou peu aisés;

Les titres des candidats aux places de médecins inspecteurs des eaux minérales;

L'institution et l'organisation des conseils et des commissions de salubrité;

La police médicale et pharmaceutique;

La salubrité des ateliers.

Le comité indique au ministre les questions à soumettre à l'Académie de médecine.

Art. 2. — Le comité consultatif d'hygiène publique est composé de vingt membres.

Sont de droit membres du comité :

1° Le directeur des consulats et affaires commerciales au ministère des affaires trangères;

2° Le président du conseil de santé militaire;

3° L'inspecteur général, président du conseil supérieur de santé de la marine;

4° Le directeur général des douanes;

5° Le directeur de l'administration générale de l'assistance publique;

6° Le directeur du commerce intérieur au ministère de l'agriculture et du commerce;

7° L'inspecteur général des services sanitaires;

8° L'inspecteur général des écoles vétérinaires;

9° L'architecte inspecteur des services extérieurs du ministère de l'agriculture et du commerce.

Le ministre nomme directement les autres membres, dont huit au moins sont pris parmi les docteurs en médecine.

Art. 3. — Le président, choisi parmi les membres du comité, est nommé pour un an par le ministre.

Art. 4. — Un secrétaire ayant voix consultative est attaché au comité. Il est nommé par le ministre.

Art. 5. — Le ministre peut autoriser à assister, avec voix délibérative ou consultative, d'une manière permanente ou temporaire, aux séances du comité, les fonctionnaires dépendant ou non de son administration et dont les fonctions sont en rapport avec les questions de la compétence du comité.

Art. 6. — Le ministre peut nommer membres honoraires du comité les personnes qui en ont fait partie pendant dix ans au moins.

Les membres honoraires participent aux délibérations du comité lorsqu'ils y sont spécialement convoqués par le ministre.

Art. 7. — Le comité se réunit en séance ordinaire une fois par semaine.

Art. 8. — Les membres du comité présents aux séances ordinaires ont droit, pour chaque séance, à des jetons dont la valeur est fixée par arrêté du ministre.

Le secrétaire du comité ne reçoit pas de jetons de présence : il touche une indemnité annuelle qui est fixée par arrêté du ministre.

Art. 9. — Les membres du comité ne pourront faire partie d'aucun autre conseil ou commission de salubrité ou d'hygiène publique, soit de département, soit d'arrondissement.

Art. 10. — Les décrets susvisés, des 23 octobre 1856 et 5 novembre 1869, sont rapportés.

Art. 11. — Le ministre de l'agriculture et du commerce est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Mont-s.-Vaudrey, le 7 octobre 1879.

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le ministre de l'agriculture et du commerce,

P. TIRARD.

En exécution du décret du 7 octobre portant réorganisation du comité consultatif d'hygiène publique, et par arrêtés du ministre de l'agriculture et du commerce en date du même jour, ce comité a été constitué de la manière suivante :

Président :

M. Wurtz, membre de l'Institut et de l'Académie de médecine, doyen honoraire de la Faculté de médecine de Paris.

Membres de droit :

MM. Le directeur des consulats et affaires commerciales au ministère des affaires étrangères.

Le président du conseil de santé militaire.

L'inspecteur général, président du conseil supérieur de santé de la marine.

Le conseiller d'État, directeur général des douanes.

Le directeur général de l'administration de l'assistance publique.

Le directeur du commerce intérieur au ministère de l'agriculture et du commerce.

L'inspecteur général des services sanitaires.

L'inspecteur général des écoles vétérinaires.

L'architecte, inspecteur des services extérieurs du ministère de l'agriculture et du commerce.

Membres nommés :

MM. Brouardel, médecin des hôpitaux, professeur à lá Faculté de médecine de Paris.

Gavarret, membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine de Paris.

Peter, membre de l'Académie de médecine, médecin des hôpitaux, professeur à la Faculté de médecine de Paris.

Gallard, médecin des hôpitaux de Paris.

Proust, médecin des hôpitaux de Paris.

Liouville, membre de la Chambre des députés, docteur en médecine.

Dubrisay, docteur en médecine, ancien interne des hôpitaux.

Tirman, conseiller d'État.

Germer Baillière, membre du conseil municipal de Paris.

Chatin, membre de l'Institut, membre de l'Académie de médecine, directeur de l'École supérieure de pharmacie de Paris.

Secrétaire :

M. le docteur Vallin, professeur à l'École de médecine militaire de Val-de-Grâce.

Le propriétaire-gérant, O. Doin.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

1851. Ueber das anatomische und physiologische Verhalten der cavernös en Körper de Sexualorgane; *Wurzburg. Verhandl.*, II, 1851, p. 118-134.
1851. Beiträge zur Anatomie der Mundhöle:
1. Ueber die Muskulatur der Zunge, p. 169.
2. Ueber Fadenpilze auf den Zungenpapillen, p. 174.
3. Von den Ganglien am glossopharyngeus, p. 175.
4. Von den Balgdrüsen der Mundhöle, p. 176; *Wurzburg. Verhandl.*, II, 1851. p. 169-184.

1851. Zusatz zu der Bemerkung über Vorkommen von glatten Muskelfasern. in Schleimhäuten; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, III, 1851, p. 233-234.
1851. Ueber die Gefässe in den Follikeln der Peyerschen Haufen; *Wurzburg. Verhandl.*, II, 1851, p. 222-233.
1851. Ueber die Entwickelung der sogenannten Kernfasern, der elastichen Fasern und des Bindegewebes. *Wurzburg. Verhandl.*, III, 1852, p. 1-8. *Journ. Microsc. Sci.*, II, 1854, p. 178-184.
1852. Handbuch. der Gewebelehre des Menschen für Aerzte und Studirende. — 1re édition. Leipzig, Engelmann. 1852. 1 vol. in-8°, 637 pages, 313 figures sur bois. — 2e édition, semblable à la 1re. — 3e édition. 1859. 1 vol. in-8°, xxiv und 655 pages, 355 figures sur bois. — 1862. 4e édition, semblable à la 3e. — 1867. 1 vol. in-8°, xxiv und 749 pages. — 5e édition, 524 figures sur bois. — Traduction française : 1re édition (Béclard et M. Sée). Masson, 1856. 724 pages, 334 figures. — 2e édition (M. Sée). Masson, 1878, 968 pages, 523 figures.
1852. Zur Anatomie und Physiologie der Retina; *Wurzburg. Verhandl.*, III, 1852, p. 316-336.
1853. Contributions towards a Knowledge of the lower animals; *Quart. Journ. microsc. Sci.*, I, 1853, p. 211-213.
1853. Die Schwimmpolypen oder Siphonophoren von Messinabeschreiben.
Beischreibung der bei Messina gefundaven Schwimmpolypen:
1. Forskalia Edwardsii, n. g. und n. sp., p. 2.
2. Agalmopsis Sarsii, n. sp., p. 10.
3. Agalmopsis punctata, n. sp., p. 15.
4. Apolemia Uvaria Less, p. 18.
5. Physophora Philippii, n. sp., p. 19.
6. Athorybia rosacea Eschsch., p. 24.
7. Hyppodius Neapolitanus de Ch., p. 28.
8. Vogtia pentacantha, n. g. n. sp., p. 31.
9. Praja diphyes Less, p. 33.
10. Diphyes Sieboldii, n. sp., p. 36.
11. Abyla pentagona Eschsch, p. 41.
12. Velella Spiraus Eschsch, p. 46.
13. Porpita Mediterranea Eschsch, p. 57.

Allg. Bemerk, p. 64.
Nachtrag, p. 78. Leipzig (Engelmann), 1853, in-folio, VIII. 96 p., 12 pl.

1853. Ueber den Bau der Cutispapillen und die sogenannten Tastkörperchen R. Wagner's; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, IV, 1853, p. 43-52, pl. III, IV.
1853. Neuer Schmarotzer Lophoura; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, IV, 1853, p. 359.
1853. Ueber den Bau der grauen Nervenfasern des Geruchs-Nerven; *Wurzburg. Verhandl.*, IV, 1854, p. 60-64.
1853. Weitere Bemerkungen über die Helmichthyiden; *Wurzburg. Verhandl.*, IV, 1854, p. 100-102.
1853. Notiz über die electrischen Nerven des Malapterurus; *Wurzburg. Verhandl.*, IV, 1854, p. 102-103.
1853. Ueber den feineren Bau und die Functionen der Lymphdrüsen; *Wurzbourg Verhandl.*, IV, 1854, p. 107-124.
1854. Einige Bemerkungen über die Pacinischen Körperchen; *Siebold und Kölliker.*, V, 1854, p. 118-122.

1854. Uber die betzten Endigungen des Nervus cochleæ und die Function der Schnecke; Wurzburg, 1854, grand in-4° (Stahel'sche. Buchh.).
1854. Die Eruption des Aetna von 1852; *Wurzburg. Verhandl.*, IV, 1854, p. 37-43.
1854. Histologische Studien angestellt an der Leiche einer Selbstmörderin; *Wurzburg. Verhandl.*, IV, 1854, p. 52-60.
1855. On the occurrence of beucine and Tyrosine in the Pancreptic Flaid and contents of the Intestine; *Brit. Assoc. Rep.*, 1855 (part. II), p. 124.
1855. On the Physiology of the Spermatozoa; *Brit. Assoc. Rep.*, 1855 (pt. 2), p. 125.
1855. On a peculiar structure lately discovered in the Epithelial Cells of the Smalls intestines, Together with some observations on the absorption of eat into the System; *Brit. Assoc. Rep.*, 1855 (pt. 2), p. 126-127.
1855. Ueber die Entwickelung der Linse; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, VI, 1855, p. 142-143.
1855. Experimenteller Nachweis von der Existenz eines Dilatator pupilæ; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, VI, 1855, p. 143-144.
1855. Ueber die Einwirkung Kaustischer alkalien auf die Bewegungen der Samenfäden; *Siebold und Kölliker Zeitsch.*, VII, 1856, p. 181-182. — *Journ. Microsc. Sci.*, III, 1855, p. 293-299.
1855. Notiz über das Vorkommen von Lymphkörperchen in den Anfängen der Lymphgefässe; *Siebold und Kölliker. Zeitch.*, VII, 1856, p. 182-183. — *Journ. Microsc. Sci.*, III, 1856, p. 289-291.
1855. Ueber die Einwirkung einer concentrirten Harnstofflösung auf die Blutzellen; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, VII, 1856, p. 183-184. — *Journ. Microsc. Sci.*, III, 1855, p. 289-291.
1855. Ueber die Vitalität und die Entwickelung der Samenfäden; *Wurzburg. Verhandl.*, VI, 1856, p. 80-84.
1856. Note sur l'action du curare sur le système nerveux. *Paris, Compt. rend.*, XLIII, 1856, p. 791-792.
1856. Sur la terminaison des nerfs dans l'organe électrique de la Torpille; *Paris, Compt. rend.*, XLIII, 1856, p. 792-794.
1856. Sur des mouvements particuliers et quasi spontanés des cellules plastiques de certains animaux; *Paris, Compt. rend.*, XLIII, 1856, p. 794-795.
1856. Physiologische Untersuchungen über die Virkung einiger Gifte :
I. Urari, Curare oder Woorara, p. 5.
A. Einfache Urarivergifkung von Wunden aus.
1. Versuche an Fröschen, p. 8.
2. Versuche bei Säugethieren, p. 16.
B. Urarivergiftung von Schleimhäuten aus, p. 24.
C. Urarivergiftung durch Einspritzen des Giftes ins Beut, p. 30.
D. Versuche, das Pfeilgift von anderen gegenden aus beizubringen, p. 30.
E. Genauere Bestimmung der Wirkungsweise des amerikanischen Pfeilgiftes, p. 31.
1. Beweis, dass das Urari Durch das Blut auf die peripherischen motorischen Nerven wirkt, p. 33.
a. Urariversgiftungen nach vorher getrennten Nerven, p. 33.
b. Urariversgiftungen nach vorher unterbundenen gefässen einer hinteren Extremitat oder der ganzen hinteren Körperhälfte, oder nach gänzlicher Tremung einer Extremitat bis auf den Nerven, p. 34.
2. Nachweiss, dass das Urari das Gehirn, das Rüchenmark und die sensibilen Nerven viel weniger angreift, als die motorischen nerven, p. 35.
a. Einfache Urariversgiftungen nach Unterbindung der Aorta abdominalis oder der beinden arcus aortæ, p. 36.
b. Urariversgiftungen nach Unterbindung der arcus aortæ und nachherige application von Strychnin aufs Rückenmark, p. 39.
c. Vergiftungsmit Strychnin nach vorheriger Unterbindung der arcus aortæ und der arteriæ cutanæ occipitales, dann vergiftung vorn mit Urari, sobald die ersten Wirkungen der Strychnins sichbar werden, p. 41.
3. Nachweis, dass das Pfeilgift die Endigungen der motorischen Nerven früher angreift, als die Stämme, p. 44.
II. Toniin, p. 235.
III. Strychnin, p. 239.
IV. Opium, p. 244.
V. Nicotin, p. 253.
VI. Veratrin, p. 267.
VII. Blausäure, p. 272.
a. Wirkung der Blausäure auf. sensible Nerven, p. 282.
b. Wirkung des Cyankaliums aufmotorische Nerven, p. 283.
c. Wirkung der Blausäure of motorische Nerven, p. 284; *Virchow, Archiv*, X, 1856, p. 3 77, 235-296. — *Sechster. Jahresbericht der Phys. Med. Gesellsch. zu Wurzburg; Wurzburg. Verhandl.*, VI, 1855, p. 28-47.
1856. Physiologische Studien über die Samenflüssigkeit.

I. Ueber die Bewegungen der Samenfäden und die ihnen zu grunde liegenden Ursachen, p. 201.
Saugethiere :
A. Verhalten der Samenfäden in reinem Sperma, p. 205.
B. Einwirkung des Wassers auf die Samenfäden, p. 205.
C. Verhalten der Samenfäden in thierischen Flüssigkeiten, p. 208.
D. Einwirkung organischer, mehr indifferentes substanzen auf die Samenfäden, p. 212.
E. Narcotica, p. 218.
F. Schädlich wirkende organische Substanzen, p. 218.
G. Salze verscheidener art, p. 218.
H. Säuren, p. 223.
I. Cautische Alkalien, p. 224.
Vögel, p. 229.
Amphibien :
1. Reiner samen.
2. Einfluss verschiedener Flussigkeiten auf die Bewegungen der Samenfäden, p. 230
Fische, p. 234.
II. Einige Bemerkungen über chemische zusammensetzung des Samens, p. 254.
III. Ueber die Entwicklung der Samenfäden, p. 262; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, VII, 1855, p. 201-272, pl. XIII.

1856. Nachweis eines besonderen Baues der Tylinderzellen des Dünndarnes, der zur Fettresorption in Bezug zu stehen scheint; *Wurzburg. Verhandl.*, VI, 1856, p. 253-273, pl. VI. — *Microsc. Journ. Sci.*, V, 1857, p. 152-153.

1856. Einige Bemerkungen über die Resorption des Fettes im Darme, über das Vorkommen einer physiologischen Fettleber bei jungen Saügethieren und über die Function der Milz.
1. Resorption des Fettes im Darm, p. 174.
a. Fettresorption durch die Epithezellen des Dickdarms, p. 175.
b. Resorption des Fettes im Magen, p. 176.
c. Fettin den Follikeln der Peyer'schen Drüsen zur zeit der Fettresorption, p. 177.
d. Resorption von Fett durch die Blutgefässe, p. 178.
2. Vorkommen einer physiologischen Fettleber bei saugenden Thieren, p. 179.
3. Function der Milz, p. 186; *Wurzburg. Verhandl.*, VII, 1857, p. 174-193.

1856. Ueber die Vitalität der Nervenröhren der Frösche; *Wurzburg. Verhandl.*, VII, 1857, p. 145-147.

1856-57. On the action of Urari and of Strychnia on the animal economy :
1. Urary, p. 201.
2. Strychnia, p. 204; *Roy. Soc. Proc.*, VIII, 1856-57, p. 201-205.

1857. Einige Bemerkungen über die Endigungen der Haut Nerven und den Bau der Muskeln; *Siebold und Köllliker. Zeitsch.*, VIII, 1857, p. 311-325, pl. XIV. — *Journ. Microsc. Sci.*, VI, 1858, p. 31-33.

1857. Allgemeine Bemerkungen über Porenkanälen in Zellmembranen; Nachschrift zu Leuckart's Nochweis von Porenkanälchen in den Epidermiszellen von ammocoetes; *Wurzburg. Verhandl.*, VII, 1857, p. 193-198. — *Siebenter. Jahresbericht. der phys. Med. Gesellsch. zu Wurzburg.* — *Wurzburg. Verhandl.*, VII, 1857, p. 57-69.

1857-59. Observations on the poison of the Upas Antiar; *Roy. Soc. Proc.*, IX, 1857-59, p. 72-76.

1857-59. Some remarks on the physiological action of the Tanghinia venenifera; *Roy. Soc. Proc.*, IX, 1857-59, p. 173-174.

1857-59. On the different Types in the microscopic structure of the skeleton of osseous fishes; *Roy. Soc. Proc.*, IX, 1857-59, p. 656-668. — *Ann. Nat. Hist.*, 1859, p. 67-77.

1857. Ueber die Leuchtorgane von Lampyris :
1. Anatomie.
2. Physiologie; *Wurzburg. Verhandl.*, VIII, 1858, p. 217-224. — *Journ. Microsc. Sci.*, VI, 1858, p. 166-173. — *Monat. Bericht. Berlin*, 1857, p. 292-293. — *L'Institut*, 1857, p. 436.

1857. Zur feineren Anatomie der Insecten :
1. Ueber die Harnorgane, p. 225.
2. Ueber das Epithel des Magens der Insekten, p 232.
3. Trachcenverästelungen im Innern von zellen, p. 233.
4. Krystalle in der Chitinhaut der Raupe von Bombyse Pini, p. 234.
5. Entwicklung des Chorion, p. 235; *Wurzburg. Verhandl.*, VIII, 1857, p. 225-235.

1857. Einige Bemerkungen über die Wirkung des Upas antiar; *Wurzburg. Verhandl*, VIII, 1858, p. 284-288.

1857. Vorläufige Mitheilung über den Bau des Rückenmarks bei niederen Wirbelthieren:
1. Graue Substanz des troschmarkes, p. 2.
2. Vordere und hintere Commissur, und verlauf der Nervenfasern in der grauen Substanz, p. 3.

3. Zellen der grauer Substanz, p. 4.
4. Filium terminale, p. 7.
5. Commissuren achter Nerventöhren in Mark von Fischen, p. 9; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, IX, 1858, p. 1-11.

1858. Achter Jahresbericht der phys. Med. Gesellsch. zu Wurzburg; *Wurzburg. Verhandl.*, VIII, 1858, p. XXXIII-LII.

1858. Beiträge zur vergleichenden anatomie und Histologie:
1. Eigethünliche an den gefässen der Holothuria tubulosa ansitzende körper, p. 138.
2. Ueber die Lutgefässe der Vellelen, p. 138.
3. Zahlrieche freie ausmündungen am Gefässystem der Cestoden, p. 139.
4. Entwickelung der quergestreiften Mulkelfasern des Menschen aus einfachen zellen, p. 139.
5. Ueber die umspinnenden elasticher Fasern, p. 140.
6. Entwickelung der Muskelfasern der Batrachier, p. 141; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, IX, 1858, p. 138-142.

1858. Ueber die Vitalität der Nervenröhrende Frösche:
1. Wiederauf leben getrockneter Nerven, p. 417.
2. Wiederauf leben von Nerven aus concentrirten Lösungen, p. 422.
3. Dauer der Reibarkeit der Nerven in verschiedenen Solutionen, p. 427.
4. Wiederbelegung von Nerven, die in Wasser abgestorben sind, p. 432; *Siebold et Kölliker. Zeitsch.*, IX, 1858, p. 417-433.

1858. Zehn. neue Versuche mit Urari; *Siebold und Kölliker Zeitsch.*, IX, 1858, p. 434-438.

1858. Ueber Kofkiemer mit augen an den Kiemen (Branchiomma Dalyelli); *Siebold und Kölliker Zeitsch.*, IX, 1858, p. 536-541. — (*Genève*) *Arch. Sci. Phys.*, IV, 1859, p. 373-374.

1852. Pages IV, V, VI, VIII, IX, X, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XXI.

1853. Pages III, IV, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII.

1854. Pages VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XVI.

1855. Pages III, IV, V, VI, VII, VIII, X, XIII, XIV, XV, XVIII, XIX, XX, XXI, XXIII, XXIV.

1856. Pages IV, VII, VIII, IX, X, XII, XIII, XIV, XVIII, XXIX, XXX, XXXI, XXXII, XXXV, XXXIX, XL, XLIII, XLIV, XLV, XLVI, XLVII, XLVIII, XLIX, LI, LII, LIII, LIV.

1857. Pages III, VIII, IX, X, XI, XII, XIV, XVI, XVII (XVIII, XIX), XX (XXI, XXII), XXIII, XXIV, XXV, XXVII, XXX.

Sitzungs berichte für Gesellschaft Jahr. (*Wurzburg*).

1858. Progressive Muskelatrophie, p. III.
Angiektasia lobuli Spigelii, p. III.
Fasergeschwilste der Lunge, p. III.
Harnblase mit prostata Polyp, p. IV.
Cystoideschwulst der Musc. semitendinosus, p. IV.
Harnblase mit Divertikel, p. IV.
Sitzungs berichte, 1858; *Wurzburg Verhandl.*, IX, 1859.

1858. Ueber die Wirkung von Wassereinspritzungen bei Fröschen; die Einwirkung starker Dosen von Strychnin auf die Nervenstämme; und die örtliche Einwirkung des Strychnins auf das Ruckenmark, p. XV-XVIII.
Ueber die Leistungsfähigkeit vergifteter Muskeln, mit H^n Pelikan, p. XXVI-XXVII.
Ueber die Leuchtorgane americanischer Elater, p. XXVIII.
Ueber Reste der Chorda dorsalis, p. XXIV, mit H. Muller.
Hamblasen mit drei und vier Harnleitenn, p. XL.
Entwicklung der Ligamenta invertebralia, p. XLVIII.
Vorzeigung von pernanischen Schädeln, p. XLIX.
Ueber die Fleischtheilchen der Muskelfibrillen, p. L.
Ueber zweierlei zellen in der Reichschleinhaut des Frosches, p. L.
Ueber Wimperzellen und Flimmerebewegung im Plexus Choroideus von Klabsembryonem, p. LV.
Ueber die Versuche von Wundt in Koniin und Salz, p. LV.
Ueber zwei noch nichl beschriebene Leuchtorgane der Lampyris Männchen, p. LX.
Kopfkiemer mit Augen auf den Kiemen, p. LX.
Vorzeigung einer aus aluminium geprägten englischen Denkmünze, p. LXV.
Ueber Lahmung des Nervus vagus durch. Urari, p. LXV.
Vorzeigung eines arkansas-steines, p. LXVIII-LXXI.
Ueber das Epithel des Nebenhodens und über den Körper von Giraldes, p. LXXII.
Vorzeigung des Neueren ophthalmotrops von Reute, p. LXXIII.
Vorzeigung von vorsündflutlichen Nashornknochen, p. LXXIII.
Vorzeigung des Tebensweckers von Baunscheidt, p. LXXIV.
Blutgefässe der halbmondförmigen Klappen nach Leuschka, p. LXXIV.

(*A suivre.*)

2e ANNÉE N° 11. 15 NOVEMBRE 1879

Dec. 18, 1879

REVUE INTERNATIONALE DES SCIENCES

PARAISSANT LE 15 DE CHAQUE MOIS

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN

PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Prix de la Livraison : 2 francs.

PARIS

OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

virus diffèrent des poisons non seulement par leur constitution et leur origine, mais encore par d'autres caractères très importants. Ainsi, tandis que les poisons, envisagés d'un point de vue général, agissent avec une intensité proportionnelle à la dose absorbée, il ne paraît pas y avoir de rapport bien exact entre la quantité des virus introduits dans la circulation et la violence des effets qu'ils produi-

Vorzeigung des Neueren ophthalmotrops von Reute, p. LXXIII.
Vorzeigung von vorsündflutlichen Nashornknochen, p. LXXIII.
Vorzeigung des Tebensweckers von Baunscheidt, p. LXXIV.
Blutgefässe der halbmondförmigen Klappen nach Leuschka, p. LXXIV.

(*A suivre.*)

COURS DE PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE ET COMPARÉE

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

INTRODUCTION A L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DES POISONS

PAR M. VULPIAN

Doyen de la Faculté de médecine de Paris

La signification des mots : *médicaments*, *poisons*, ne peut guère être définie avec netteté ; mais on s'accorde généralement sur le sens qu'on doit leur donner. Les médicaments sont des substances que l'on applique soit sur la peau, soit sur les membranes muqueuses exposées, soit sur des plaies, ou que l'on fait pénétrer dans le corps, pour ramener à l'état normal des fonctions troublées par certaines causes morbifiques, ou pour guérir des lésions dont peuvent être atteints les divers tissus et les différents organes. — Les poisons sont des substances qui, introduites par absorption dans l'organisme, déterminent des altérations structurales ou des troubles fonctionnels, plus ou moins graves, et peuvent même, lorsque leur action atteint un haut degré d'intensité, déterminer la mort ou tout au moins mettre la vie en danger.

Il est à peine besoin de rappeler en quoi les *poisons* diffèrent des *virus* et des *venins*. Les virus sont des matières albuminoïdes, nées dans la substance organisée des animaux, soit pendant la vie, soit par suite de la décomposition de cette substance (virus cadavérique), et qui peuvent, lorsqu'elles ont pénétré dans la circulation d'un individu vivant, produire des troubles morbides plus ou moins graves, quelquefois fatalement mortels (virus rabique, par exemple). Les virus diffèrent des poisons non seulement par leur constitution et leur origine, mais encore par d'autres caractères très importants. Ainsi, tandis que les poisons, envisagés d'un point de vue général, agissent avec une intensité proportionnelle à la dose absorbée, il ne paraît pas y avoir de rapport bien exact entre la quantité des virus introduits dans la circulation et la violence des effets qu'ils produi-

sent. D'autre part, les virus ne déterminent pas, comme les poisons, un effet immédiat; ils n'agissent qu'après une période de temps plus ou moins longue, appelée période d'incubation.

Les venins se rapprochent des poisons beaucoup plus que les virus. Ils diffèrent, il est vrai, des poissons surtout par leur provenance; ils se forment, en effet, dans des organismes animaux et sont des produits de sécrétion glandulaire; d'autre part, on n'en a pas extrait de substances chimiques entièrement assimilables aux principes actifs contenus dans les poisons (1) : mais ils produisent, comme les poisons, des effets immédiats et proportionnels à la quantité de substance absorbée. Ajoutons qu'il est des venins qui déterminent des effets assimilables, dans une certaine mesure, à ceux que produisent des poisons spéciaux : ainsi le venin du crapaud agit énergiquement sur le cœur, et cette action se rapproche, par ses caractères, de celle de la digitale; le venin du triton (salamandre aquatique) agit aussi de la même manière.

Un grand nombre d'agents toxiques sont employés comme médicaments, c'est-à-dire appliqués extérieurement ou administrés intérieurement pour produire un effet curatif. Il n'y a pas de limite tranchée entre un médicament et un poison, certains médicaments pouvant devenir des poisons si l'on en absorbe une forte dose, et réciproquement un poison pouvant devenir un médicament quand il est donné à dose peu considérable. Il me suffit de citer, comme exemple, le sulfate de quinine, le nitrate de potasse, l'alcool, l'arsenic, le mercure, la morphine, l'atropine, la digitaline, la strychnine, l'acide cyanhydrique, etc., etc., qui peuvent, suivant la dose, agir comme médicaments ou comme poisons.

L'influence d'une substance toxique, même alors que cette influence est très rapide, offre une évolution qu'il importe au plus haut point de connaître : sans quoi, si l'on se bornait à constater l'état des fonctions au moment où les effets ont atteint leur plus haut degré d'intensité, on pourrait être induit en erreur et attribuer une action identique, ou à peu près, à des poisons qui agissent en réalité d'une façon très différente. Je dis cela parce qu'il faut bien savoir que, dans certaines conditions données, relatives soit à l'espèce animale soumise à l'expérience, soit aux doses employées, des substances toxiques qui, dans la première période de l'évolution de leur action, déterminent des effets très dissemblables, peuvent produire, dans la

(1) L'*échidnine*, que l'on a extraite du venin de la vipère, diffère des principes actifs des vrais poisons sous plusieurs rapports, et en particulier par sa composition chimique et, comme le fait remarquer M. Ch. Robin, par sa coagulabilité.

période ultime, des effets identiques ou paraissant tels. C'est ce qui arrive particulièrement lorsqu'on institue des expériences de toxicologie sur les grenouilles, animaux si souvent employés pour ces sortes de recherches.

Voici trois grenouilles. Sous la peau d'une patte postérieure, on injecte chez chacune d'elles, avec la seringue de Pravaz, une petite quantité d'une substance toxique dissoute dans de l'eau : chez l'une, on injecte ainsi quelques milligrammes de sulfate de *strychnine;* sur une autre, moins d'un milligramme de *curare;* chez la dernière, un centigramme de *chloral hydraté.*

Bientôt après, l'absorption est complète, et les trois grenouilles sont en résolution paralytique : elles sont inertes. Il est clair que l'on commettrait la plus impardonnable des erreurs si l'on concluait de ces résultats terminaux que les effets toxiques du curare, de la strychnine et de l'hydrate de chloral sont les mêmes, puisqu'ils consistent dans une abolition du mouvement volontaire. Cette similitude apparente d'action masque des différences profondes ; il suffit d'examiner avec soin les phénomènes qui précèdent cette dernière période pour s'en assurer. Mais on peut même le constater, en étudiant le mode de production de la paralysie déterminée par ces trois sortes de substances.

On peut reconnaître, en effet, que l'abolition de la motilité volontaire n'est pas due au même mécanisme, chez ces animaux placés sous vos yeux. Une analyse attentive de l'état des principaux organes et appareils chez chacune de ces grenouilles peut le démontrer facilement. C'est cette analyse qui doit être, pendant toute la durée de ce cours, notre souci principal, car c'est elle qui constitue le fond même de l'étude du mécanisme physiologique de l'action de tel ou tel poison, de tel ou tel médicament. Cherchons donc dans quel état se trouvent le système nerveux et les muscles chez ces trois grenouilles : nous allons voir se vérifier immédiatement ce que je viens de dire.

Occupons-nous d'abord de l'état des muscles. Avec une pile galvanique (pince de Pulvermacher) j'électrise les muscles, au travers de la peau, sur chacune de ces grenouilles successivement. On constate sans peine que ces muscles se contractent énergiquement chez les trois animaux. Je dois dire, en passant, qu'il n'en serait pas de même chez l'une de ces grenouilles, celle qui a été chloralisée, si la dose de substance injectée avait été plus considérable ; mais c'est là un fait que nous devons laisser de côté, du moins pour le moment. Le système musculaire est donc hors de cause : ce n'est pas à l'abolition ni même à l'affaiblissement de la propriété physiologique des

muscles, c'est-à-dire de la contractilité, qu'il faut attribuer la paralysie de ces animaux.

C'est donc sur l'état de leur système nerveux que nous devons concentrer notre attention.

Chez la grenouille curarisée, des expériences très simples démontrent, ainsi que nous le verrons prochainement, que les fonctions du cerveau et des autres parties de l'encéphale, ainsi que la moelle épinière elle-même, sont plus ou moins respectées par le poison. Ce n'est donc pas en abolissant le fonctionnement de l'encéphale et, en particulier, les volitions et l'aptitude incito-motrice de l'isthme encéphalique, que le curare a paralysé cette grenouille ; ce n'est pas non plus en rendant impossible le fonctionnemeut réflexe de l'axe cérébro-spinal. Des expériences non moins décisives prouvent aussi que les fibres nerveuses sensitives conservent leur action à un haut degré chez les animaux curarisés. Ce n'est donc pas non plus à un engourdissement de ces fibres qu'est dû l'état de paralysie de la grenouille : d'ailleurs l'annulation de la sensibilité ne suffira pas à produire une disparition complète de toute motilité. Mais, si l'on électrise les nerfs moteurs sur cette grenouille, un des nerfs sciatiques, par exemple, on voit que l'on ne provoque ainsi aucun mouvement des muscles du membre postérieur correspondant. Les nerfs moteurs n'agissent donc plus chez cette grenouille; ils ne peuvent plus transmettre aux muscles les ordres de la volonté ou les stimulations réflexes : d'où la paralysie complète de cet animal.

En est-il de même chez les deux autres grenouilles ?

La grenouille strychnisée que nous voyons immobile aussi, privée de toute motilité spontanée ou réflexe, diffère notablement, sous le rapport de l'état du système nerveux, de la grenouille curarisée. D'abord, si l'on met le nerf sciatique à découvert d'un côté, et si on le coupe transversalement, il est facile de s'assurer que ce nerf a conservé un certain degré d'action sur les muscles. Lorsque je touche le bout périphérique du nerf avec la pince galvanique, il y a en effet des contractions des muscles de la jambe et du pied. Il convient cependant de dire dès à présent que, si l'on avait fait absorber une dose encore plus forte de strychnine, le nerf sciatique pourrait être dans le même état chez la grenouille strychnisée que chez la grenouille curarisée; ce qui montre — ainsi que je le faisais remarquer tout à l'heure à propos du chloral hydraté et de son action possible sur les muscles, lorsque la quantité absorbée est relativement considérable — combien il est nécessaire de tenir compte des doses dans ces sortes d'études. Chez la grenouille strychnisée que nous exami-

nons en ce moment, non seulement l'état des nerfs moteurs n'est pas le même que celui de ces mêmes nerfs chez les grenouilles soumises à l'action du curare ; mais le système nerveux central lui-même est affecté d'une autre façon. Il eût suffi, pour rendre cette différence reconnaissable, de lier, avant de pratiquer l'intoxication, l'artère iliaque d'un côté, sur chacune des deux grenouilles. Nous aurions vu, une fois l'empoisonnement effectué, la grenouille curarisée remuer son membre préservé de l'action directe de la substance toxique. Ces mouvements se seraient produits non seulement sous l'influence des excitations portant sur ce membre, mais encore sous l'influence d'excitations agissant sur les parties immobiles du corps, et même aussi d'une façon spontanée en apparence : ils auraient été assez énergiques, et semblables d'ailleurs comme forme, à ceux qu'exécute le membre postérieur d'une grenouille non empoisonnée. Au contraire, chez la grenouille paralysée par une dose suffisante de strychnine, le membre postérieur préservé resterait étendu, flasque; il offrirait toutefois de temps en temps des contractions spasmodiques, mais sans énergie, de ses diverses masses musculaires; en outre, les chocs ébranlant la table sur laquelle repose l'animal détermineraient dans ce membre des secousses convulsives plus ou moins prononcées. Ainsi, la différence que présenteraient les deux grenouilles, sous le rapport de l'état du membre préservé, montrerait bien que les centres nerveux ne sont pas même atteints de la même façon chez ces deux animaux.

Si nous examinons maintenant l'état du système nerveux de la grenouille chloralisée, nous trouvons que le nerf sciatique a conservé complètement son action sur les muscles qu'il innerve. Mais le système nerveux central est, chez cette grenouille, dans un état bien différent de celui qu'il présente chez les deux autres grenouilles. Si nous avons lié l'artère iliaque d'un côté, chez cette grenouille, avant d'injecter du chloral hydraté sous sa peau, nous verrions en ce moment le membre correspondant à l'artère liée dans une immobilité tout aussi complète que celle des autres membres, et les excitations soit des autres parties du corps, soit de ce membre lui-même, n'y feraient naître aucune contraction musculaire. Les fonctions incitatrices, sensitives et réflectives des centres nerveux sont absolument suspendues chez cet animal.

J'ai donc démontré ce que je disais tout à l'heure, à savoir que, si le curare, le sulfate de strychnine, l'hydrate de chloral, absorbés par des grenouilles, peuvent, dans certaines conditions données, produire, comme effet terminal, une paralysie complète des mouvements, le

mécanisme de cette paralysie est très différent dans les trois cas dont il s'agit.

D'ailleurs, ainsi que je le disais aussi, l'examen des phénomènes qui précèdent la période de résolution paralytique nous aurait fait voir des différences profondes entre ces substances, sous le rapport de l'évolution de leurs effets toxiques. Ces différences eussent été bien remarquables, surtout en ce qui concerne l'action des sels de strychnine, dont les propriétés convulsivantes sont si connues.

Les convulsions provoquées par la strychnisation auraient persisté très longtemps et se produiraient encore maintenant, si l'on avait injecté sous la peau de cette grenouille une quantité beaucoup plus faible de strychnine.

En abaissant la dose de chloral hydraté, nous aurions sans doute pu obtenir cet état de l'animal, dans lequel la motilité est conservée dans une certaine mesure, les mouvements respiratoires persistent, la sensibilité étant plus ou moins affaiblie.

C'est en usant ainsi d'abord de doses relativement faibles, puis de doses de plus en plus fortes; en étudiant avec soin et avec méthode la structure, les propriétés, les fonctions des éléments anatomiques, des tissus, des organes, des appareils, chez les animaux soumis à tels ou tels poisons, dans les différents stades successifs de l'intoxication, que l'on peut arriver à déterminer avec netteté les véritables effets, les effets caractéristiques, de ces substances toxiques. Il ne faut pas se borner non plus à expérimenter sur les animaux d'une seule classe, sur les grenouilles par exemple; il est bon de soumettre à l'expérimentation les animaux des autres classes de vertébrés, particulièrement les mammifères, surtout lorsque, comme nous, on veut essayer de tirer des applications thérapeutiques, des données physiologiques acquises. Si nous avions fait des expériences relatives au curare, à la strychnine, au chloral hydraté, sur des mammifères, sur des chiens, par exemple, les différences qui existent entre ces substances, sous le rapport de leurs effets, se seraient manifestées avec une telle évidence que les questions que nous venons de discuter, à propos de l'influence de ces agents sur les grenouilles, n'auraient même pas pu être posées.

J'ajoute que, lorsqu'on se place à un point de vue plus général que le nôtre et qu'on veut connaître d'une façon plus complète l'action des substances toxiques, il est nécessaire d'étendre ses recherches même hors de l'embranchement des vertébrés. On peut acquérir ainsi des notions intéressantes sur la manière différente dont se comportent les éléments des muscles, des nerfs, des centres nerveux, des

glandes, etc., dans les divers groupes zoologiques, sous l'influence de telle ou telle substance toxique, ce qui offre une certaine importance au point de vue de la physiologie générale.

Comme autre exemple de ces effets toxiques, qui paraissent semblables si on les examine d'un coup d'œil superficiel et qui, au contraire, sont reconnus pour très différents lorsqu'on les étudie avec plus d'attention, on peut citer l'action de l'acide carbonique et celle de l'oxyde de carbone sur l'économie. Si l'on soumet deux chiens, l'un à l'inhalation de l'acide carbonique, l'autre à l'inhalation de l'oxyde de carbone, ces deux animaux ne tarderont pas à périr asphyxiés. Ils mourront l'un et l'autre par arrêt de l'oxygénation respiratoire du sang. Mais le sang, comme nous l'a appris Cl. Bernard, sera dans un état bien différent chez l'un et chez l'autre de ces animaux. Les globules sanguins du chien asphyxié par l'acide carbonique peuvent se charger de nouveau d'oxygène si on les met dans les conditions convenables ; aussi la respiration artificielle, pratiquée au moment où vient d'avoir lieu le dernier mouvement respiratoire chez cet animal, le ramène-t-elle rapidement à la vie : chez le chien asphyxié par l'oxyde de carbone, le sang est très rouge, au lieu d'être noir comme chez le précédent; l'oxyde de carbone forme avec l'hémoglobine des globules sanguins une combinaison d'une certaine fixité qui rend ces éléments anatomiques incapables de se charger d'oxygène, et la respiration artificielle, pratiquée au moment que je viens d'indiquer, demeure inefficace : le cœur s'arrête; l'animal est irrévocablement mort.

En résumé, pour acquérir des données précises sur l'action des médicaments et des poisons, il faut observer les modifications générales qu'ils produisent dans le fonctionnement de la vie, en suivant ces modifications pas à pas depuis le moment de l'introduction des substances dont il s'agit dans l'organisme jusqu'au moment où les effets ont atteint leur summum d'intensité ; puis on doit, en instituant des expériences sur diverses sortes d'animaux, rechercher, par les différents moyens d'analyse dont on peut disposer (investigations histologiques, chimiques, physiologiques), quels sont les éléments anatomiques ou les liquides de l'organisme atteints par ces substances, quelle est la nature de cette atteinte, quel en est le degré, etc. Ce sont ces dernières recherches qui nous éclairent sur le mécanisme des effets que nous avons tout d'abord constatés et étudiés.

Les effets produits par les substances toxiques sont toujours dus à des modifications matérielles de tels ou tels éléments anatomiques, de telle ou telle humeur ; mais ces modifications ne sont pas d'ordi-

naire reconnaissables directement par nos moyens actuels de recherches. Dans d'autres cas assez rares, il est vrai, il n'en est pas de même ; l'agent toxique laisse des traces très évidentes. C'est ce qui a lieu, par exemple, pour l'oxyde de carbone, comme je viens de l'indiquer.

C'est ce qu'on observe encore dans les cas d'empoisonnement par le phosphore. Supposons un homme empoisonné par ingestion stomacale d'une dose modérée de phosphore. Ce malade s'affaiblit peu à peu au milieu de souffrances plus ou moins vives ; il présente différents symptômes : endolorissement plus ou moins pénible dans la région épigastrique, malaise général, parfois vomissements et diarrhée, ictère constant ; la fièvre peut faire défaut, ou bien ne se manifester que tardivement ; il y a, dans certains cas, des hémorrhagies intestinales, sous-cutanées, des douleurs viscérales et musculaires ; les forces ne tardent pas à décliner ; le malade ressent de l'engourdissement général, des fourmillements dans les extrémités ; on peut même constater un certain degré d'anesthésie cutanée dans tels ou tels points, surtout aux membres ; la faiblesse devient extrême ; il y a du délire ou des convulsions, puis une période de coma précède la mort, qui a lieu, en général, au bout de peu de jours. Ce sont là les symptômes de l'empoisonnement aigu ou subaigu par le phosphore. Mais quel est le mécanisme par lequel se produisent ces effets ? L'anatomie pathologique nous donne, à cet égard, des indications précieuses, en nous montrant les lésions graves que le phosphore détermine : stéatose du foie avec un certain degré d'hépatite interstitielle ; altérations analogues des reins ; stéatose des muscles de la vie animale et du myocarde ; altérations graisseuses des épithéliums glandulaires de l'estomac, de l'intestin ; modifications du sang des petits vaisseaux ; hémorrhagies sous la plèvre, le péricarde, l'endocarde, le péritoine, ou dans les cavités séreuses, ou dans les intestins, etc.

Il convient d'avouer que l'expérimentation a été jusqu'ici tout aussi impuissante que l'observation clinique à nous fournir des données relatives au mode d'action de certaines substances toxiques ou médicamenteuses. Il en est dont les effets thérapeutiques sont peut-être les plus remarquables et les plus importants de tous ceux que nous voyons se produire dans la pratique médicale, et qui agissent par un mécanisme dont nous ignorons absolument le secret. Tels sont le mercure et l'iodure de potassium, si puissants contre la syphilis et la scrofule ; tel est l'arsenic, si efficace dans les cas de dermatoses chroniques, d'intoxication palustre invétérée ; tel est le quinquina ou la quinine, ce remède véritablement héroïque dans le traitement de

la fièvre intermittente. Qui peut se vanter, au moment actuel, de connaître le mécanisme physiologique de l'action thérapeutique de ces merveilleux médicaments?

Notre ignorance à l'égard du mode d'action de ces diverses substances, dans les cas que nous venons de citer, n'a rien, en réalité, qui puisse surprendre un esprit réfléchi. Dans tous ces cas, il s'agit de maladies caractérisées par des manifestations dont la genèse est encore environnée d'une obscurité complète. D'autre part, l'action physiologique de l'iodure de potassium, du mercure, du sulfate de quinine, sur l'homme et les animaux, à l'état sain, est encore inconnue aujourd'hui : tout ce que nous en savons se borne à quelques données discutables et sans grande signification. Enfin, il est permis de supposer que les substances toxiques et médicamenteuses peuvent exercer, dans certains cas, sur des organismes malades, une influence agissant, d'une façon exclusive ou tout au moins prédominante, sur la déviation morbide des processus vitaux et, par conséquent, impossible ou difficile à étudier sur des organismes sains. Comment donc pourrait-on s'étonner de ne posséder encore aucune notion satisfaisante sur le mode d'action thérapeutique de ces substances?

La recherche des propriétés physiologiques des substances toxiques et médicamenteuses est d'une importance considérable en médecine.

De grands progrès ont été réalisés, au profit de la médecine légale, grâce à l'étude de l'action physiologique de ces substances. En effet, s'il est des substances toxiques parfaitement définies, cristallisables, qu'on peut extraire des viscères d'un individu mort par empoisonnement, et que l'expert peut mettre sous les yeux des juges et des jurés, il en est d'autres qui ne peuvent pas être entièrement isolées. Quelques-unes de ces substances peuvent être reconnues à l'aide de certaines réactions chimiques; mais l'essai physiologique offre à l'expert, dans bien des cas, une précieuse ressource. S'il y a eu intoxication, le médecin légiste peut ainsi, dans certains cas, à l'aide d'expériences faites sur les animaux, parvenir à déterminer, avec une suffisante précision, le genre de poison auquel il faut attribuer la mort. C'est en employant cette méthode qu'on peut arriver à soupçonner, soit dans les déjections, soit dans les voies digestives, la présence de la digitaline, de la nicotine, des extraits ou des alcaloïdes des solanées vireuses, de l'extrait de fève de Calabar, etc.

D'ailleurs, même pour les substances que les caractères chimiques permettent de reconnaître, l'expérimentation physiologique apporte un utile complément d'information. C'est ainsi, par exemple, que les essais sur des animaux pourront indiquer, dans tel cas déterminé,

l'existence d'un poison convulsivant, agissant comme la strychnine, dans les matières soumises à l'examen médico-légal : un résultat expérimental de ce genre, sans avoir la valeur décisive des données de l'analyse chimique, sera pourtant très significatif, et parfois il pourra remettre ou retenir l'expert chimiste dans la bonne voie. Cette sorte d'examen est venu combler une lacune que les investigations microscopiques, chimiques et physiques, laissaient encore dans la partie de la médecine légale qui a pour but la recherche des poisons : grâce à ce progrès, on peut affirmer qu'aujourd'hui on ne connaît plus de poison qui puisse, mêlé ou uni à des matières organiques, échapper aux recherches de la justice.

La thérapeutique ne tire pas un moindre profit de l'étude de l'action physiologique des médicaments. C'est par cette étude que l'on peut parvenir à régulariser l'administration de ces substances, à bien fixer les indications auxquelles elles peuvent répondre. Il ne suffit pas de savoir, par exemple, que la digitale a une action puissante sur le cœur, qu'elle peut en ralentir les mouvements; il faut encore savoir par quel mécanisme elle produit ces effets, de façon à bien préciser les cas d'affection du cœur dans lesquels on doit prescrire les préparations de digitale, et ceux dans lesquels on doit ne pas les employer.

L'étude physiologique des purgatifs, en montrant que ces substances n'agissent pas toutes par un mécanisme absolument identique, doit guider dans l'emploi qu'on peut avoir à en faire : il en est de même en ce qui concerne les vomitifs.

La connaissance du mode d'action du chloral hydraté a conduit à en faire usage non seulement dans les cas d'insomnie, mais encore dans le traitement de certaines affections convulsives : le tétanos, l'éclampsie, la chorée.

On pourrait rappeler encore que c'est à l'expérimentation physiologique que l'on doit l'emploi thérapeutique de la strychnine, du chloroforme, de l'apomorphine, etc.; mais il est presque inutile de citer des exemples pour montrer l'utilité de nos études au point de vue de la thérapeutique. J'insiste sur cette remarque : quand bien même la recherche du mécanisme des effets physiologiques, déterminés par les substances toxiques et médicamenteuses, n'aurait pas conduit à des données thérapeutiques nouvelles, la connaissance de ce mécanisme aurait encore une grande importance, parce qu'elle peut fournir la raison de l'action curative de tels ou tels médicaments; parce qu'elle apprend ce qu'on peut espérer, dans tels ou tels cas déterminés, de l'emploi de ces substances; parce qu'elle permet souvent de suivre pas à pas la marche de l'amendement dû à la médi-

cation mise en usage; parce qu'elle donne enfin au médecin des lumières sans lesquelles il ne persévérerait peut-être pas dans la voie où il s'engage, jusqu'à ce qu'il ait obtenu tout ce qu'il est en droit d'espérer.

Les recherches faites sur le mode d'action physiologique des substances médicamenteuses n'ont pas seulement apporté leur tribut à la thérapeutique, elles ont encore éclairé certains points de la pathologie elle-même.

C'est seulement lorsqu'on a connu le mode d'action de l'extrait de noix vomique et de la strychnine sur les animaux, qu'on a pu se faire une idée juste de la physiologie pathologique du tétanos. La ressemblance si grande, qui existe entre cette affection et le strychnisme, a permis de conclure que le tétanos est dû, comme les convulsions strychniques, à un état d'excitabilité exagérée de la substance grise de la moelle épinière et du bulbe rachidien. Les excitations qui partent de la plaie, dans les cas de tétanos traumatique, sont conduites à la moelle par les nerfs sensitifs. Là, elles provoquent et entretiennent non seulement un état d'éréthisme morbide de certaines parties de la substance grise de la moelle épinière et du bulbe rachidien, mais encore une irritation maladive qui affecte d'abord certains points de cette substance grise et qui tend à se propager aux autres points en suivant une marche presque toujours la même. C'est cette irritation qui suscite le spasme tonique des muscles des mâchoires, du cou, du dos, etc. Les accès de redoublement des convulsions sont déterminés par des exacerbations de l'état morbide de la moelle épinière et du bulbe, et ces exacerbations ou bien se produisent sur place sans provocations périphériques reconnaissables, ou bien sont dues soit à des augmentations des excitations qui émanent de la plaie, soit à des stimulations, portant sur des nerfs sensitifs d'autres régions. Je crois devoir vous rappeler encore que ces connaissances, fournies par la comparaison entre le tétanos et le strychnisme, ont guidé tous les efforts de la thérapeutique : section des nerfs intéressés dans la plaie, amputation de la partie blessée, administration des substances qui affaiblissent le pouvoir réflexe du bulbe rachidien et de la moelle épinière, comme le chloral, le bromure de potassium, etc.

On n'a pas eu, non plus, d'idée nette sur le siège de la modification des centres nerveux qui produit le tremblement de la paralysie agitante, avant d'avoir connu les effets de la nicotine. Dans des expériences déjà anciennes, faites sur des grenouilles, j'avais constaté qu'un des premiers effets produits par la nicotine consiste en un tremblement très remarquable de toutes les parties du corps. Sur quel point de l'économie agit la nicotine pour produire un pareil effet? J'ai vu que ce tremblement

n'a pas lieu dans un membre dont on a préalablement coupé le nerf principal. Ce n'est donc pas sur les extrémités du nerf, ni sur les muscles en relation avec lui, que le poison agit. La section transversale de la moelle épinière empêche aussi le tremblement de se déclarer dans les parties dont les nerfs prennent origine dans le segment inférieur ou postérieur de ce centre nerveux : ce n'est donc pas non plus par l'intermédiaire de la moelle épinière que la nicotine produit les tremblements en question. Faisant alors la recherche expérimentale en sens inverse, c'est-à-dire partant du cerveau pour revenir vers la moelle, j'enlevai successivement les lobes cérébraux, les couches optiques, les tubercules bijumeaux, le cervelet, avant d'introduire la nicotine sous la peau : je vis encore se produire les tremblements provoqués par la nicotine. Mais, si j'enlevais alors la partie de l'isthme de l'encéphale qui correspond à la protubérance annulaire et au bulbe rachidien des mammifères, je n'observais plus la production des tremblements.

Or les tremblements causés par l'intoxication au moyen de la nicotine sont bien des tremblements généraux, se manifestant dans toutes les parties du corps, et l'on peut, ce me semble, sans faire un rapprochement trop forcé, appliquer la donnée qui ressort de ces expériences à la physiologie pathologique du tremblement de la paralysie agitante, du tremblement sénile, du tremblement alcoolique, peut-être même du tremblement mercuriel et du tremblement saturnin. Par conséquent, on est en droit, jusqu'à un certain point, d'inférer que ces diverses sortes de tremblements peuvent avoir pour cause une modification morbide de certains points de la protubérance annulaire ou du bulbe rachidien. Disons pourtant qu'il ne faudrait pas aller plus loin dans cette voie d'inductions; car on ne peut pas douter que le tremblement de telle ou telle partie du corps, dans certaines conditions, ne puisse dépendre de troubles fonctionnels de la moelle épinière ou des muscles eux-mêmes.

L'étude de l'action physiologique des substances toxiques ou médicamenteuse a introduit des données nouvelles dans l'examen de certains problèmes importants de physiologie générale. C'est ainsi que les recherches faites à l'aide du curare ont donné lieu à d'intéressantes présomptions sur le mode de relation physiologique qui existe entre les fibres nerveuses motrices et les faisceaux primitifs des muscles à fibres striées. C'est en approfondissant le mécanisme de l'action de l'atropine, que l'on est arrivé à des connaissances plus précises sur les nerfs modérateurs du cœur; et l'étude des nerfs accélérateurs du cœur a profité de ces mêmes recherches.

C'est encore à l'aide de l'atropine que l'on a pu démontrer bien nettement l'existence de nerfs agissant d'une façon directe sur les

éléments anatomiques propres des glandes, et méritant, à cause de cela, le nom de nerfs sécréteurs.

On connaît les expériences de Cl. Bernard sur les effets de la faradisation de la corde du tympan. On provoque ainsi, en même temps, comme il l'a montré, une hypersécrétion de la glande sous-maxillaire et une suractivité considérable de la circulation sanguine dans cette glande. L'hypercrinie salivaire est-elle due à une excitation directe des éléments de la glande? Est-elle le résultat pur et simple de l'afflux plus grand du sang et d'une augmentation de pression qui se produirait par suite dans les vaisseaux de cet organe? On pouvait déjà, grâce aux travaux de M. Ludwig et de Cl. Bernard, opposer des arguments sérieux à l'hypothèse qui voudrait expliquer la sécrétion exagérée de la salive sous-maxillaire par la suractivité de la circulation sanguine intra-glandulaire. Mais on ne possédait pas la preuve péremptoire d'une action directe, indépendante, de la corde du tympan sur le travail sécrétoire de la glande. L'étude de l'action de l'atropine sur les glandes salivaires a fourni cette preuve.

M. Keuchel avait constaté que, chez les animaux soumis à l'action toxique de l'atropine, la faradisation de la corde du tympan ne produit plus d'écoulement de la salive sous-maxillaire. M. Heidenhain fit un pas de plus. Il reconnut que si la faradisation de la corde du tympan, unie au nerf lingual, ne provoque plus d'exagération de la sécrétion salivaire sur un chien atropinisé, elle détermine encore les phénomènes vasculaires, c'est-à-dire la congestion de la glande et la suractivité de la circulation sanguine au travers de cet organe.

Les effets vasculaires et sécrétoires de la faradisation de la corde du tympan ne sont donc pas liés les uns aux autres d'une façon indissoluble. Ils dépendent, les uns et les autres, de l'excitation de fibres nerveuses différentes, si différentes même, que l'atropine peut abolir l'action physiologique des unes en respectant l'action des autres. On pourrait, il est vrai, objecter que l'atropine met la glande dans l'impuissance sécrétoire, en agissant sur ses éléments propres; mais M. Heidenhain a montré, comme je le ferai voir dans une autre leçon, que les cellules propres de la glande conservent, chez l'animal atropinisé, leurs aptitudes fonctionnelles. Les effets de l'atropine sont donc bien la conséquence d'une action de ce poison. Et la corde du tympan contient donc deux sortes de fibres nerveuses : des fibres vaso-dilatatrices qui échappent à l'action toxique de l'atropine, et des fibres sécrétoires qui sont paralysées par ce poison. L'existence de fibres nerveuses sécrétoires semble ainsi mise hors de doute.

Ce fait est de la plus haute importance, car il s'applique sans doute

plus ou moins complètement à la physiologie de toutes les glandes. En tout cas, il est facile de prouver, comme je vous le montrerai bientôt, en étudiant le jaborandi, qu'il y a la plus grande similitude, sous ce rapport, entre la sécrétion salivaire et la sécrétion sudorale.

L'étude physiologique des poisons et des médicaments, faite au point de vue de la médecine, devrait, autant que possible, porter sur l'homme lui-même : mais j'ai à peine besoin de dire que l'on ne peut pas aller bien loin, pour un grand nombre de ces substances, en suivant cette voie. Pour quelques poisons, il n'y a même pas à songer à des essais; pour d'autres, on ne peut les employer qu'à doses thérapeutiques, et il serait par conséquent impossible d'acquérir ainsi des notions précises sur les effets qu'ils produisent à haute dose. D'ailleurs, pour étudier le mécanisme de l'action de ces substances, même à doses thérapeutiques, il est nécessaire de faire certaines recherches qui ne peuvent être entreprises ou menées à bonne fin qu'en mettant les organes à nu. L'expérimentation sur les animaux est donc une nécessité de ces sortes d'études : elle doit être complétée, autant que faire se peut, par des observations recueillies sur l'homme.

Or les conditions dans lesquelles s'accomplit l'expérimentation sur les animaux sont loin d'être indifférentes pour le résultat des expériences.

D'une façon générale, il faut choisir, comme sujets des expérimentations, des animaux dont l'organisation ne s'éloigne pas trop de celle de l'homme. La plupart de nos expériences de laboratoire sont faites sur des chiens, des chats, des lapins, des cobayes, des rats, c'est-à-dire sur des mammifères. Mais on ne peut pas toujours se conformer à ce précepte. Quand on veut étudier pendant un temps plus ou moins prolongé les mouvements du cœur sur cet organe mis à nu, il est préférable d'employer des reptiles ou des batraciens, des grenouilles, par exemple. Chez les vertébrés supérieurs, les grandes fonctions de la vie sont bien plus intimement liées les unes aux autres que chez certains vertébrés inférieurs, de sorte qu'un trouble considérable ou l'arrêt de l'une d'elles, chez un mammifère ou un oiseau, entraîne une grande perturbation, ou même la cessation de toutes les autres.

Supprimons la respiration pulmonaire sur un chien; l'animal meurt fatalement au bout de deux ou trois minutes. Il n'en est pas de même chez les grenouilles; on peut leur ouvrir le thorax, leur enlever tous les viscères, cœur, poumons, etc., sans les tuer immédiatement. On peut mettre à découvert le cœur d'une grenouille, après lui avoir

enlevé le sternum, et une si grave opération, surtout si elle est faite pendant l'hiver, troublera peu le fonctionnement de cet organe : ses battements continueront d'une façon régulière pendant plusieurs jours, et l'animal, s'il est libre, pourra, pendant tout ce temps, respirer, se mouvoir, sauter même avec agilité. Dans ce cas, la respiration pulmonaire continue, à cause du mécanisme particulier de cette respiration chez les batraciens ; mais on sait que la suppression de la respiration pulmonaire n'entraîne pas directement, par elle-même, la mort de ces animaux. Les grenouilles ont sur les animaux supérieurs l'avantage de posséder une respiration cutanée qui peut entretenir une hématose suffisante pour que l'asphyxie ne se produise pas, lorsque la respiration pulmonaire cesse de s'effectuer. On peut donc instituer, sur des grenouilles curarisées et chez lesquelles la respiration pulmonaire n'a plus lieu, des expériences de longue durée, c'est-à-dire de deux, trois, quatre jours et plus, expériences qui ne pourraient guère être exécutées chez des mammifèrres, à cause de la nécessité d'entrenir chez eux, pendant tout ce temps, une respiration artificielle par l'insufflation pulmonaire. C'est ainsi, par exemple, que l'on ne peut guère étudier que sur la grenouille les effets terminaux, ultra-toxiques, plus ou moins durables, de l'action de la strychnine, c'est-à-dire l'état des différentes fonctions pendant la période de résolution qui succède au tétanos strychnique et qui est suivie elle-même d'une longue période convulsive de retour (1).

On peut aussi, sur les grenouilles, pratiquer des mutilations considérables de l'appareil nerveux central ; enlever, par exemple, tout l'encéphale, ou détruire toute la moelle épinière ; et ces animaux, ainsi mutilés, peuvent vivre assez longtemps pour permettre des observations sur l'action que produisent tels ou tels poisons, dans de semblables conditions.

D'autre part, certains poisons ont, sur les grenouilles, une intensité d'action des plus remarquables. Aussi les grenouilles sont-elles vraiment précieuses pour l'étude de ces substances. Par exemple, ces batraciens sont extrêmement sensibles à l'action de la brucine et surtout de la strychnine ; ils sont, pour ainsi dire, le réactif physiologique de la strychnine.

Cette circonstance est d'une grande utilité en médecine légale, car

(1) Je dois dire que j'ai cherché en vain à obtenir, chez le chien, à l'aide du chlorhydrate de strychine, la paralysie des nerfs moteurs, comme on l'obtient chez les grenouilles au moyen de doses suffisantes de ce poison. L'animal était soumis à la respiration artificielle. La mort a eu lieu par arrêt du cœur, après l'injection d'une assez grande quantité du sel de strychnine, les nerfs moteurs conservant encore toute leur action sur les muscles.

il suffit d'une quantité extrêmement faible de strychnine extraite d'un cadavre pour produire sur une grenouille les phénomènes convulsifs propres à cet agent toxique. Les grenouilles seraient très utiles aussi pour les recherches médico-légales sur les autres poisons convulsivants, sur les poisons du cœur et les substances dites poisons musculaires.

De pareils avantages perdraient, il faut bien le dire, beaucoup de leur importance, si les effets des substances toxiques étaient très différents chez les batraciens et les mammifères. Mais il n'en est rien, en général. Beaucoup de poisons exercent, au contraire, une influence semblable, ou à peu près, sur ces deux classes d'animaux.

Il ne faut pas cependant s'y tromper : il est certain qu'il n'y a pas, pour tous les poisons, similitude complète entre les effets qu'ils déterminent chez les mammifères et ceux auxquels ils donnent lieu chez les batraciens ; et l'on ne doit jamais conclure de ce qui se manifeste chez la grenouille à ce qui pourrait se produire chez un mammifère tel que le chien, par exemple, que sous la réserve d'une vérification ultérieure.

D'ailleurs cette réserve est nécessaire, même lorsqu'il s'agit d'appliquer à toute la classe des mammifères ce qui s'observe chez les animaux d'un des ordres de cette classe. On sait que la belladone, qui est si toxique pour l'homme, l'est très peu pour les ruminants, pour les rongeurs et même pour les carnassiers, pour le chien, par exemple. Ainsi l'on peut injecter, sous la peau d'un chien, 20, 30, jusqu'à 50 centigrammes de sulfate d'atropine sans être certain de le tuer ou même de déterminer des troubles menaçants pour sa vie, tandis qu'une injection sous-cutanée de 4 ou 5 milligrammes de la même substance peut provoquer chez l'homme des accidents graves. On sait tout aussi bien que les chèvres peuvent manger des quantités assez considérables de tabac sans en être incommodées.

Les éléments anatomiques, quelque semblables qu'ils soient chez des animaux d'un même groupe zoologique, du même ordre, ou de la même classe, peuvent réagir d'une façon plus ou moins différente lorsqu'ils entrent en contact avec telle ou telle substance amenée jusqu'à eux par la circulation. Des faits du même genre se voient, en dehors de l'histoire des poisons et des médicaments. On a démontré, par exemple, que, chez l'homme, la matière colorante de la bile, dans les cas d'ictère, n'est pas éliminée en général par la salive, et Cl. Bernard avait constaté, dès le début de ses études sur le diabète, que le sucre, dans cette maladie, ne se trouve pas non plus dans la salive : or j'ai reconnu que la salive des chiens (sous-maxillaire et paroti-

dienne) contient du sucre, si l'on a injecté une petite quantité de glycose en solution aqueuse dans les veines; qu'elle contient de la matière colorante de la bile, si c'est de la bile (bile de bœuf) que l'on a injectée dans ces vaisseaux. MM. Blanchier et Bochefontaine ont signalé un fait du même genre dans leurs études sur le salicylate de soude : cette substance ne se trouve pas dans la salive de l'homme qui en a ingéré même une forte dose ; mais elle passe dans la salive du chien, lorsqu'on en a injecté une quantité proportionnellement égale dans l'estomac de cet animal.

Les substances toxiques et médicamenteuses peuvent être introduites dans l'économie par divers procédés.

On peut faire pénétrer certaines de ces substances par les voies aériennes, car la membrane muqueuse de ces voies est douée d'une grande puissance d'absorption.

On sait à quels dangers expose l'inhalation de certains gaz, tels que l'hydrogène arsénié, l'acide cyanhydrique, l'acide sulfhydrique, le sulfhydrate d'ammoniaque, etc. L'anesthésie produite par l'inhalation de vapeurs d'éther sulfurique, de chloroforme, suffirait d'ailleurs comme exemple à citer pour montrer la puissance d'absorption de la membrane muqueuse des voies respiratoires. Diverses autres substances volatiles sont absorbées aussi par ces voies, l'iode, l'essence de térébenthine, le sulfure de carbone, les émanations cadavériques, le mercure, le phosphore, etc. ; et l'absorption de ces différentes substances se décèle soit par des troubles fonctionnels morbides, soit par des modifications des caractères organoleptiques ou chimiques de l'urine.

Les substances en solution dans l'eau, injectées dans les voies respiratoires sous forme pulvérisée, y sont absorbées très facilement. L'absorption en est d'ailleurs très facile aussi, lorsqu'elles sont introduites dans la trachée, sans être pulvérisées. La membrane muqueuse des voies aériennes absorbe, en effet, les liquides avec une grande rapidité ; l'absorption se fait même par ces voies bien plus activement que par les voies digestives.

On connaît les expériences relatées par Gohier : des élèves vétérinaires de Lyon ont pu injecter dans les poumons d'un cheval plusieurs litres d'eau sans le tuer ; la mort n'arriva qu'après une injection de 32 litres. Gohier répéta cette expérience et obtint des résultats analogues. M. Colin a pratiqué des injections du même genre ; il a injecté plus de 20 litres d'eau dans l'espace de trois heures et demie, dans les poumons d'un cheval ; l'animal fut alors sacrifié, et l'on ne trouva point d'eau dans ses organes respiratoires. Dans une autre

expérience, M. Colin a pu injecter 25 litres d'eau dans la trachée d'un cheval en six heures, sans déterminer d'accidents reconnaissables. Pendant la durée de l'expérience, l'animal avait subi trois saignées à l'aide desquelles on avait retiré 6 kilogrammes de sang. Rien n'est donc mieux démontré que la facilité avec laquelle la surface interne des voies respiratoires peut absorber l'eau. Elle absorbe facilement aussi les substances dissoutes dans ce liquide, comme je l'ai dit à propos des injections de substances dissoutes pulvérisées. De nombreuses expériences faites par Lebküchner, Ségalas, Mayer, Piollet. Panizza et autres expérimentateurs cités dans tous les traités de physiologie, ont mis depuis longtemps hors de doute le pouvoir d'absorption que possède la membrane muqueuse des voies aériennes. Je rappellerai seulement, comme exemple, une expérience de M. Ségalas. Il avait injecté dans la trachée d'un chien trois centigrammes d'extrait de noix vomique en solution dans soixante grammes d'eau ; l'animal mourut au bout de deux minutes : l'introduction de dix centigrammes du même extrait dans l'estomac d'un animal de même espèce ne détermina, au contraire, aucun effet.

Les venins et les virus, comme le dit Cl. Bernard, peuvent être absorbés par la membrane muqueuse des voies respiratoires. C'est une voie de pénétration dans l'organisme toujours ouverte à tous les contages. Toutes les maladies transmissibles peuvent être contractées par cette voie, si l'économie, pour telle ou telle raison, n'y est pas réfractaire.

On peut introduire par cette voie certains médicaments, et ils agissent alors d'autant plus énergiquement que l'absortion est très rapide dans ces conditions. Les observations publiées par M. Jousset (de Bellesme), et reproduites dans les leçons de Cl. Bernard (1), montrent que, dans des cas urgents, l'injection de sulfate de quinine dans la trachée peut offrir de grands avantages. Les essais de M. Jousset ont été faits dans deux cas de fièvre intermittente pernicieuse dont l'extrême gravité autorisait l'intervention la plus hardie du médecin. Dans le premier cas, il s'agissait d'un homme âgé de quarante-cinq ans, atteint de fièvre intermittente pernicieuse algide. L'accès pernicieux durait depuis dix-huit heures, et le sulfate de quinine, administré par la bouche, avait été vomi presque immédiatement. M. Jousset fit dans la trachée-artère deux injections de sulfate de quinine à l'aide d'une seringue de Pravaz, dont la canule avait été introduite dans

(1) *Leçons sur les anesthésiques et l'asphyxie*, 1875, p. 74. Voy. aussi Jousset : *De l'injection du chlorhydrate de quinine dans la trachée comme moyen de traitement de la fièvre intermittente pernicieuse.* (Soc. de biol., 1874 ; Mémoires, p. 39).

l'intervalle de deux anneaux de la trachée. Il y eut une amélioration tellement rapide, que le malade put se lever et marcher un peu au bout d'une heure, et qu'après une autre heure il était revenu à peu près à l'état normal et pouvait manger. Dans le second cas, l'injection fut pratiquée sur un enfant de douze ans, atteint de fièvre intermittente pernicieuse algide et syncopale. Il y avait 31 battements du cœur par minute, au moment où M. Jousset fit dans la trachée une injection de 0 gr. 35 de chlorhydrate de quinine dans 3 centimètres cubes d'eau. Une heure après, l'enfant pouvait s'asseoir sur son lit et manger; il y avait 96 battements du cœur par minute.

Peut-être faudrait-il essayer ce mode d'introduction des médicaments dans d'autres cas urgents où l'absorption se fait partout ailleurs avec une désespérante lenteur, comme on le voit dans les cas de choléra.

Nous aurons recours, pour certaines expériences, à l'absorption par la muqueuse des organes digestifs, bien que ce procédé présente de nombreux inconvénients. Ainsi, les poisons introduits dans l'estomac peuvent provoquer des vomissements ou des selles diarrhéiques qui entraînent au dehors la substance ingérée. Il peut arriver aussi que la substance toxique soit modifiée par l'action du suc gastrique.

D'autre part, l'absorption est plus ou moins rapide, suivant que l'estomac est vide ou qu'il est plein d'aliments : je parle bien entendu de l'absorption des agents toxiques ou médicamenteux. Les effets de certaines substances peuvent être rendus plus rapides ou plus certains par le fait de la présence de matières en digestion dans l'estomac; c'est ce qui a lieu pour les cyanures, qui produisent, dans ces conditions, un dégagement immédiat d'acide cyanhydrique. Il est facile de comprendre que si l'action des cyanures introduits dans l'estomac est plus rapide dans ces conditions que lorsque la cavité stomacale est vide, cela tient à ce que le contact de ces sels avec un liquide acide, le suc gastrique, active leur décomposition et la mise en liberté de l'acide cyanhydrique. Mais c'est là une exception, car, pour les matières qui sont absorbées en nature, la vacuité de l'estomac favorisera presque toujours leur pénétration dans le sang. La substance toxique ou médicamenteuse ne sera pas ainsi diluée dans une plus ou moins grande quantité de liquide, et par conséquent elle pourra être absorbée plus rapidement par l'estomac lui-même; d'autre part, la membrane muqueuse ne sera pas en travail de sécrétion; or, comme l'a montré Cl. Bernard, l'absorption est considérablement retardée dans un tissu glandulaire pendant qu'il sécrète. Disons enfin que la

substance passera plus facilement dans l'intestin, où l'absorption est plus rapide.

En effet, on doit ne pas oublier que la membrane muqueuse gastrique des mammifères absorbe assez lentement, même dans l'état de vacuité de l'estomac, la plupart des poisons.

Les expériences faites sur les animaux chez lesquels le passage des substances introduites dans l'estomac peut se faire dans le duodénum avec facilité ne donnent d'ailleurs que des renseignements bien peu précis sur le pouvoir absorbant de la membrane muqueuse gastrique. Il est nécessaire, pour étudier ce pouvoir absorbant, de lier le pylore ou d'affaiblir les mouvements de l'estomac en sectionnant les nerfs pneumo-gastriques dans la région cervicale. Sans ces opérations préalables, les substances toxiques introduites dans l'estomac sont poussées au bout de peu de temps dans l'intestin, de telle sorte que c'est dans la cavité intestinale qu'a lieu presque complètement, en réalité, l'absorption de ces substances. Des expériences de ce genre ont été faites par MM. Bouley et Colin (1). Ces auteurs, après avoir sectionné les deux nerfs pneumo-gastriques sur des chevaux, injectaient dans l'estomac, par une ouverture faite à l'œsophage, une douzaine d'heures après la section des nerfs, 32 grammes d'extrait alcoolique de noix vomique, c'est-à-dire une dose qui amène la mort en une heure environ chez un cheval dont les nerfs n'ont pas été coupés. L'œsophage était lié après l'injection. Les animaux ont été sacrifiés au bout de vingt-quatre heures : ils n'avaient éprouvé aucun accident d'intoxication. On a pu empoisonner des chiens avec le liquide trouvé dans l'estomac de ces chevaux. Chez un autre cheval à jeun depuis vingt-quatre heures, après avoir lié le pylore, MM. Bouley et Colin injectèrent par l'œsophage dans l'estomac la même dose d'extrait de noix vomique. Pendant les dix-huit heures qui suivirent le moment de l'injection, l'animal n'offrit aucun indice d'empoisonnement. Au bout de ce temps, la ligature du pylore fut enlevée; les symptômes d'un violent strychnisme se déclarèrent bientôt, et la mort eut lieu quinze minutes après le rétablissement de la communication entre l'estomac et l'intestin.

Des expériences semblables ont été faites par les mêmes physiologistes avec du sulfate de strychnine. On injectait de 3 à 5 grammes de ce sel dans l'estomac de chevaux dont le pylore venait d'être lié.

(1) Dans un article récent inséré dans le *Recueil de médecine vétérinaire*, et dont je trouve la reproduction partielle dans l'*Union médicale*, M. Bouley, avec une loyauté qui l'honore, s'exprime ainsi à propos de ce travail : « ..... M. Collin voulut bien m'associer à ses recherches sur ce point ; mais je dois à la justice de dire que c'est à lui que revient le mérite d'avoir institué et exécuté les expériences qui ont conduit à la solution définitive du problème posé..... »

Ces animaux furent sacrifiés au bout de vingt-quatre ou de quarante-huit heures. L'un d'eux mourut de péritonite au bout de trente-neuf heures. Ils n'avaient pas eu le moindre accident d'empoisonnement. On put, avec le liquide retiré de l'estomac, empoisonner d'autres chevaux ou des chiens, par introduction de ce liquide dans la cavité gastrique de ces animaux. Avec le liquide trouvé dans l'estomac du cheval mort au bout de trente-neuf heures, on fit une injection dans la veine jugulaire d'un autre cheval. Une quantité de liquide devant contenir environ 0 gr. 11 du sel de strychnine (en supposant que l'absorption de ce sel ait fait complètement défaut dans l'estomac du premier cheval) est injectée ainsi ; le cheval meurt au bout d'un quart d'heure, après de violentes convulsions : or M. Colin fait remarquer que la mort a lieu chez les chevaux lorsqu'on injecte 0 gr. 10 de sulfate de strychnime dans leur veine jugulaire.

On voit qu'en réalité l'absorption est bien faible dans l'estomac du cheval. D'après MM. Perosino, Berruti, Triolani et Vella (1), elle ne serait pas nulle; car, si l'on attend plus longtemps que MM. Bouley et Colin pour enlever la ligature du pylore, le passage du liquide contenant la strychnine peut alors se faire de l'estomac dans l'intestin sans déterminer d'accidents. De plus, ils ont constaté que le cyanure de fer et de potassium est absorbé dans l'estomac du cheval, après ligature du pylore : ils en trouvaient en effet dans l'urine quelques heures après l'avoir fait pénétrer dans la cavité gastrique.

Les résultats obtenus par MM. Bouley et Colin n'en conservent pas moins une grande valeur : les faits allégués par les physiologistes italiens sont d'ailleurs contestables, puisque M. Colin a vu que l'on ne trouvait pas trace de cyanure de fer et de potassium dans l'urine d'un cheval dans l'estomac duquel on avait injecté, vingt-quatre heures auparavant, 40 grammes de ce sel, après avoir lié le pylore.

Mais l'absorption stomacale n'est pas aussi faible chez tous les animaux, et il ne faudrait pas appliquer à l'homme, sans y être autorisé par des faits bien probants, ce qui a été observé chez le cheval. M. Colin a constaté que l'absorption par la membrane muqueuse de l'estomac est assez active chez le chien et chez le porc : ces animaux s'empoisonnent presque aussi vite, sous l'influence d'une dose de substance toxique introduite dans l'estomac, lorsque le pylore a été préalablement lié ou lorsqu'il ne l'est pas, lorsque les deux nerfs vagues sont coupés ou lorsqu'ils sont intacts. Chez le chat, au contraire, d'après

(1) *Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 1852, p. 167.

M. Schiff, la ligature du pylore retarderait fortement l'absorption des substances toxiques introduites dans l'estomac.

Il serait difficile de se faire une idée quelque peu nette sur le pouvoir absorbant de la membrane muqueuse de l'estomac chez l'homme. Cependant on peut dire, en se fondant sur l'observation des effets des médicaments, que l'absorption dans l'estomac est relativement lente. Elle est certainement plus lente que celle qui peut avoir lieu dans le gros intestin. L'étude des effets produits par certains agents médicamenteux, tels que les opiacés par exemple, lorsqu'ils sont introduits dans l'estomac chez un malade atteint de rétrécissement pylorique, ne donnerait que des données peu dignes de confiance, parce que l'affection qui détermine ce resserrement du pylore, et qui est d'ordinaire de nature cancéreuse, peut modifier plus ou moins profondément toutes les conditions du fonctionnement des parties de la membrane muqueuse restées saines.

On voit, par les faits que je viens de rappeler, que l'estomac ne doit pas être la voie de préférence pour l'introduction des substances dont le physiologiste veut étudier l'action sur l'économie.

Quant à l'intestin, on sait qu'il absorbe avec une assez grande activité la plupart des substances solubles qui sont mises en contact avec sa membrane muqueuse. Cependant il y a encore à tenir grand compte de la nature de ces substances, car elles ne sont pas toutes absorbées avec la même rapidité.

Le curare, par exemple, est très lentement absorbé par les voies digestives, chez ces mammifères. Il ne produit d'effet toxique, dans ces conditions, que s'il est introduit à très fortes doses. M. Colin a pu en injecter dans l'estomac d'un chien la dose considérable de 1 gramme 50 en solution dans 60 grammes d'eau, sans déterminer d'effets toxiques : le poison, dans ce cas, avait dû être successivement en contact avec la membrane muqueuse gastrique et avec la muqueuse intestinale. C'est Cl. Bernard qui a bien montré que l'absorption du curare n'est pas nulle dans les voies digestives des mammifères, mais qu'elle y est très lente; de telle sorte que le poison peut être éliminé par les reins au fur et à mesure qu'il est absorbé : il en résulte que le curare ne se trouve, à aucun moment, en assez grande quantité dans l'organisme pour exercer son action caractéristique. La démonstration de Cl. Bernard est péremptoire. Après avoir constaté qu'une forte dose de curare, introduite dans la cavité stomacale d'un chien, ne produit pas d'effets toxiques, il enlève les deux reins sur le chien ou sur un autre chien et fait pénétrer dans l'estomac de l'animal néphrotomisé la même

quantité de ce poison : la mort a lieu au bout d'un temps très court et résulte évidemment de l'intoxication par le curare.

L'absorption du curare par la membrane muqueuse des voies digestives se fait moins difficilement chez certains oiseaux et chez les batraciens que chez les mammifères. J'ai pu empoisonner assez facilement des moineaux en mettant de la solution de curare dans leur bec. L'introduction d'une petite quantité de cette substance dans la cavité buccale d'une grenouille, d'un crapaud, d'un triton, ne tarde pas à déterminer la curarisation de l'animal : il en est de même lorsque l'on fait pénétrer cette substance toxique par l'anus dans le rectum.

On doit rappeler, en parlant de l'absorption par les voies digestives, que les virus et les venins ne paraissent pas s'absorber ou sont difficilement absorbés par la membrane muqueuse du canal gastro-intestinal chez les mammifères. J'ajoute ici que ce que je viens de dire des batraciens à propos du curare s'applique aussi aux venins. Les venins qui agissent sur les animaux de ce groupe produisent leurs effets, et assez rapidement, lorsqu'on les fait absorber par la membrane muqueuse de l'estomac ou du rectum.

Les veines sont fréquemment choisies pour l'introduction expérimentale des poisons dans l'organisme. Les injections intra-veineuses se font, comme on le sait, de la périphérie vers le cœur. Ce procédé présente de grands avantages sous le rapport de la rapidité de l'action de la matière toxique dont on veut étudier les effets, mais il n'est pas sans inconvénient. Certaines substances, injectées dans les veines, altèrent si profondément, d'une façon directe, le plasma et les globules du sang, que la mort a lieu par suite même de cette altération; ou bien elles le coagulent et produisent ainsi des caillots qui peuvent être transportés dans le cœur ou dans les poumons et déterminer de graves accidents. Les liquides contenant des matières pulvérulentes ne peuvent être injectés dans les veines qu'en très petite quantité et avec les plus grandes précautions, car le mélange brusque de granulations, même inertes, au sang en circulation, peut y produire des coagulations tout aussi dangereuses, on le comprend, que celles dont nous venons de parler. D'autre part, on court le risque, dans certains cas, d'injecter de l'air, d'où arrêt possible des mouvements du cœur. Un autre danger, tout aussi redoutable, c'est que l'on est exposé, lorsqu'on injecte certaines substances, sans ménagements, à déterminer des syncopes graves, ou même la mort immédiate, par l'action directe de ces substances sur le cœur.

On sait que l'endocarde est doué d'un certain degré de sensibilité, et, en tout cas, il peut être, dans telles circonstances données, le

point de départ d'excitations centripètes qui, par l'intermédiaire du bulbe rachidien et des nerfs vagues, ou par celui des ganglions cardiaques intrinsèques, ralentissent ou arrêtent les mouvements du cœur. Ainsi, que cette membrane se trouve tout à coup en contact avec un liquide irritant, il peut en résulter un trouble, ou même un arrêt des battements du cœur. J'ai souvent constaté ce fait dans les cas d'injection de chloral hydraté par la veine fémorale. Lorsque pareil accident arrive, il est à peu près irrémédiable, et la mort est définitive, si les battements du cœur ne reparaissent pas presque aussitôt après avoir cessé (1).

Je ne saurais donc approuver l'habitude prise par certains expérimentateurs de faire les injections de substances toxiques par la veine jugulaire. L'injection se fait là si près du cœur, que le poison y arrive avant d'avoir eu le temps de se mélanger avec la masse de sang et de perdre ainsi ses propriétés irritantes. En n'adoptant pas cette pratique comme procédé habituel, on évitera les dangers que je viens de signaler. De plus, on se garantira contre l'erreur commise par divers expérimentateurs, qui ont indiqué, comme effets physiologiques des substances toxiques qu'ils étudiaient, les troubles cardiaques causés par action directe de ces substances sur la paroi interne du cœur.

Non seulement on ne doit pas, lorsqu'on n'y est pas forcé par certaines conditions des expériences (2), pratiquer les injections de substances toxiques ou médicamenteuses dans la veine jugulaire; mais il faut même, autant que possible, ne pas les faire dans la veine crurale. Cette veine ouvre à l'agent injecté une route encore trop directe et trop courte pour se rendre au cœur. En outre, s'il s'agit d'une substance pouvant exercer une certaine influence sur les tissus, la plaie faite pour mettre la veine à découvert peut se trouver en contact avec cette substance, si une vive inflammation peut s'y développer, suivie parfois d'accidents gangréneux. C'est dans la veine fémorale que nous avons tout d'abord injecté le chloral hydraté pour anesthésier les chiens qui devaient servir à certaines vivisections longues, douloureuses : or, plusieurs fois, il est arrivé que des animaux sur lesquels des opérations laborieuses, difficiles, avaient pleinement réussi, mouraient avant le moment où l'on se proposait

(1) Il arrive encore plus souvent, lorsqu'on injecte de l'hydrate de chloral dans les veines d'un chien sans grandes précautions, que la respiration s'arrête tout d'un coup, tandis que le cœur bat encore : c'est là une *syncope respiratoire.* La faradisation énergique du tronc de l'animal et des manœuvres plus ou moins prolongées de respiration artificielle ramènent alors d'ordinaire les mouvements respiratoires spontanés.

(2) La principale de ces conditions c'est la petite taille de l'animal soumis à l'expérience, d'où la difficulté que l'on peut éprouver à introduire la canule de la seringue à injection dans une autre veine que la jugulaire.

d'examiner le résultat des expériences, soit par suite d'un phlegmon très étendu du membre dont la veine avait été prise pour l'injection, soit par suite d'une hémorrhagie ayant pour point de départ le sphacèle de la paroi de l'artère crurale, au niveau du point où l'injection intra-veineuse avait été pratiquée. Il faut, pour les injections intra-veineuses de substances toxiques ou médicamenteuses, choisir une veine aussi éloignée que possible du cœur, et cependant d'un diamètre suffisant pour qu'on puisse y introduire la canule d'une seringue de Pravaz. La veine saphène, prise en bas et en dehors de la jambe, me paraît réaliser parfaitement ces conditions, et c'est cette veine dans laquelle, depuis longtemps déjà, dans mon laboratoire, nous faisons les injections intra-veineuses, chez les chiens.

Les résultats des injections intra-veineuses sont-ils entièrement comparables à ceux auxquels donne lieu l'absorption des mêmes substances par d'autres voies, entre autres par le tissu cellulaire sous-cutané? D'une façon générale, on peut répondre affirmativement, mais en faisant des réserves. D'abord les effets des substances toxiques sont bien plus prompts à se produire dans le cas d'injection intra-veineuse que par tous les autres procédés d'introduction dans l'organisme. La curarisation est obtenue en quelques instants, si le curare est injecté dans les veines; l'injection intra-veineuse de chlorhydrate de pilocarpine est à peine terminée, que la salive commence à s'écouler rapidement par les canaux de Wharton et de Sténon : la rapidité relative d'action est la même pour l'injection intra-veineuse des autres substances toxiques ou médicamenteuses. D'autre part, les doses nécessaires pour produire des effets physiologiques appréciables sont beaucoup plus faibles, dans les cas d'injection intra-veineuse, que lorsque les substances dissoutes sont introduites par une autre voie. Disons encore que ces effets durent moins longtemps, lorsque l'injection a été faite dans une veine que lorsqu'elle est pratiquée dans le tissu cellulaire sous-cutané. C'est du moins une particularité que nous avons remarquée, M. Bochefontaine et moi, dans un certain nombre d'expériences : ainsi la curarisation, l'atropinisation, etc., nous ont paru se dissiper plus rapidement lorsque le curare, l'atropine, etc., sont injectés dans une veine, que lorsque ces substances sont absorbées par voie hypodermique. On se rend facilement compte de cette différence : les effets du curare ou du sulfate d'atropine durent un certain temps lorsqu'ils sont obtenus à l'aide d'injections intra-veineuses; mais ils tendent à disparaître au fur et à mesure que s'effectue l'élimination de ces poisons, et aucune pénétration nouvelle de ces substances dans l'organisme ne prolonge la durée de

leur action. Au contraire, lorsqu'il s'agit d'injections hypodermiques, le poison introduit dans le tissu cellulaire est loin d'être épuisé, lorsque les phénomènes caractéristiques de l'intoxication se manifestent; la durée de l'action est plus considérable, parce que de nouvelles quantités de la matière toxique pénètrent par absorption dans la circulation, pendant un temps plus ou moins long, et maintiennent ainsi dans les tissus, malgré le travail d'élimination qui s'y opère sans cesse, la proportion de cette substance qui est nécessaire pour qu'elle détermine ses effets.

Enfin, les poisons et les médicaments peuvent être introduits dans l'organisme par injection ou insertion sous-cutanée. Dans certains cas, on peut pratiquer une petite incision de la peau, décoller un peu le tissu cellulaire sous-cutané et y insérer, soit à l'état pulvérulent, soit à l'état de solution plus ou moins concentrée, la substance dont on veut étudier l'action physiologique. C'est ce qu'on peut appeler l'insertion sous-cutanée. C'est un procédé que j'ai employé assez souvent, sur les vertébrés supérieurs et aussi chez les reptiles, les batraciens et les poissons, lorsque je voulais n'introduire dans les tissus qu'une petite quantité d'une substance toxique et qu'il me semblait utile, pour la rigueur des déductions à tirer des expériences, de soumettre à l'absorption cette substance à l'état pur ou à l'état de solution aqueuse aussi concentrée que possible. On peut encore appliquer la substance qui doit pénétrer dans l'organisme sur la surface d'une plaie, ou bien immerger la partie du corps, sur laquelle une plaie a été faite, dans un liquide contenant cette substance Ce procédé donne, dans certains cas, de bons résultats; on peut l'employer lorsqu'on veut faire absorber, soit par un poisson, soit par un têtard de grenouille ou de salamandre, un agent toxique, tel que le curare, par exemple (plaies de la nageoire caudale, des branchies, etc.). On peut aussi faire absorber des matières toxiques par des grenouilles, en excisant l'extrémité d'un ou de plusieurs doigts et en faisant plonger le membre ainsi mutilé dans le liquide tenant l'une ou l'autre de ces matières en dissolution. Ces procédés expérimentaux rappellent jusqu'à un certain point un procédé thérapeutique autrefois employé par beaucoup de praticiens : je veux parler de ce qu'on appelait la *méthode endermique*.

La méthode la plus usitée actuellement par les physiologistes, pour l'étude d'un grand nombre d'agents toxiques ou médicamenteux, est celle des injections sous-cutanées. Elle ne peut d'ailleurs être employée, on le conçoit, que lorsqu'il s'agit d'injecter sous la peau une quantité peu considérable de substance dissoute.

Les injections hypodermiques peuvent donner lieu à des erreurs contre lesquelles il faut se tenir en garde. Ainsi les substances introduites sous la peau peuvent agir localement, directement, et déterminer des accidents irritatifs, inflammatoires, qui, par les troubles locaux et généraux auxquels ils donnent lieu d'emblée ou secondairement, viennent compliquer, dans certains cas, les effets des agents toxiques ou médicamenteux dont on veut étudier l'action physiologique.

D'autre part, si l'on emploie pour véhicule un liquide agissant par ses propriétés chimiques sur les tissus (alcool concentré, acides, etc.), ce liquide peut produire une corrugation de la région dans laquelle il est introduit : les vaisseaux se ferment alors à la circulation, et l'absorption de la substance toxique se trouve ainsi devenue impossible.

En outre, et c'est là un point sur lequel j'appelle tout particulièrement votre attention, les substances dissoutes dans des liquides facilement absorbables se répandent, par diffusion, de proche en proche, jusqu'à une distance souvent très grande du lieu où elles ont été introduites. C'est ce qui a lieu, à un haut degré, sur la grenouille, même lorsque la substance est introduite à l'état solide, si toutefois elle est facilement soluble dans les liquides interstitiels de l'économie.

C'est pour ne pas s'être assez préoccupés de ce fait que nombre d'expérimentateurs ont commis des erreurs très regrettables, au sujet de l'action physiologique de certaines substances toxiques. Ainsi, on a prétendu que les sels solubles de cuivre, de mercure, etc., sont des *poisons du cœur*.

Il est facile de prouver que c'est là une erreur et de montrer comment elle pouvait être évitée. Le sulfate de cuivre, par exemple, a été considéré par M. Armand Moreau comme un poison du cœur. M. Moreau avait introduit cette substance sous la peau du dos de plusieurs grenouilles, et il avait vu le cœur s'arrêter avant que les nerfs périphériques eussent perdu leur motricité. Or, si l'introduction du poison avait été faite dans un point du corps éloigné du cœur, le même résultat ne se serait pas produit. Nous avons fait hier deux expériences comparatives qui le démontrent bien.

On a introduit hier, vers deux heures de l'après-midi, sous la peau du dos d'une grenouille, un petit bloc de sulfate de cuivre cristallisé, et, sous la peau de la partie inférieure de la jambe d'une autre grenouille, un fragment du même sel et de même volume. La première grenouille est morte au bout de deux ou trois heures : je n'ai

pas pu l'examiner au moment de la mort ; mais il est probable, d'après ce que j'ai vu dans d'autres expériences, que, comme le dit M. Moreau, le cœur s'est arrêté, alors que les nerfs et les muscles des membres avaient conservé leurs propriétés physiologiques.

Voici l'autre grenouille ; vous la voyez pleine de vigueur : le pied et la partie inférieure de la jambe qui ont été en contact avec le sulfate de cuivre sont seuls verdâtres et cadavérisés. Le résultat eût été le même, quant à la survie de l'animal, si l'on avait introduit sous la peau du pied une solution peu concentrée de sulfate de cuivre, et l'on peut conclure hardiment de ces expériences que le sulfate de cuivre n'est pas un poison du cœur.

Si le cœur s'est arrêté chez la grenouille dont la région dorsale a été mise en contact avec le sulfate de cuivre, c'est que cette substance, se dissolvant peu à peu dans le liquide lymphatique, a pénétré par diffusion au travers de la paroi du corps et est allée agir directement sur le myocarde. Bien certainement même, le sulfate de cuivre, sur cette grenouille, aura atteint la moelle épinière par le même procédé et aura détruit ses propriétés physiologiques.

Ce que je dis là du sulfate de cuivre s'applique à tous les autres sels de cuivre, aux sels solubles de mercure, etc. On a voulu ranger aussi ces sels et bien d'autres sels métalliques au nombre des *poisons musculaires*. C'est une erreur du même genre que la précédente. On n'a pas vu que ces sels métalliques se répandent avec une grande rapidité, par diffusion, dans toute l'étendue du corps des grenouilles, et vont détruire sur place, par action chimique, les propriétés physiologiques des muscles. Or il n'y a de vrais poisons du cœur, de vrais poisons musculaires, que ceux qui vont agir d'une façon élective, par la voie de la circulation, soit sur le cœur, soit sur les muscles de la vie animale.

On voit combien il importe de chercher à réduire au minimum cette diffusion des substances solubles, lorsqu'on fait des expériences sur des grenouilles. Pour cela, deux précautions indispensables doivent être prises.

On doit d'abord introduire toujours la substance toxique le plus loin possible du cœur et des centres nerveux. Pour les centres nerveux, quelle meilleure preuve de l'importance de cette précaution pourrais-je citer que l'expérience faite il y a longtemps (1842) par Stilling ? Ce célèbre savant a montré que l'on peut obtenir les effets caractéristiques du strychnisme, en introduisant de la strychnine sous la peau d'une grenouille dont tous les viscères, le cœur y compris, ont été enlevés. Il est bien évident que, dans ce cas, la strych-

nine n'a pu se répandre dans le corps mutilé de l'animal que par imbibition, et que c'est ainsi qu'elle a pu aller agir sur les centres bulbo-médullaires.

Il faut donc introduire la substance toxique loin des principaux viscères, sous la peau d'une des mains, ou mieux encore sous la peau d'un des pieds.

La seconde précaution à prendre consiste à ne jamais injecter une grande quantité de liquide. Si l'on injecte un centimètre cube d'eau, par exemple, sous la peau d'une grenouille, on est encore exposé aux erreurs que l'on voulait éviter. En effet, si l'on examine ce qui se produit dans ces conditions, on reconnaît facilement que le liquide, pendant l'injection elle-même, pénètre dans les espaces sous-cutanés jusqu'à une grande distance du point où l'on fait l'injection. Si l'on injecte, par exemple, le liquide sous la peau de la jambe, on peut, par le soulèvement de la peau, voir pour ainsi dire ce liquide parvenir jusqu'à la racine du membre postérieur et même jusque dans la partie postérieure du corps : on conçoit que sa pénétration dans toute l'étendue du corps par diffusion soit ainsi rendue bien plus rapide. La substance que l'on veut étudier doit donc être introduite, soit à l'état solide, soit en solution aussi concentrée que possible, de façon à ne faire pénétrer sous la peau, dans ce dernier cas, qu'une très petite quantité de liquide.

L'action physiologique d'un poison ou d'un médicament peut varier suivant les doses.

Comme exemple des effets variés que l'on peut observer suivant les doses absorbées d'une substance toxique, on peut citer l'empoisonnement des grenouilles par l'aconitine. MM. Gréhant et Duquesnel ont montré effectivement que, si l'on injecte sous la peau d'une grenouille une faible dose d'aconitine cristallisée (un vingtième de milligramme), on détermine des effets analogues à ceux du curare, c'est-à-dire une abolition de l'action des nerfs sur les muscles, tandis que la contractilité musculaire reste intacte. Si, au contraire, on injecte une solution d'un milligramme de la même substance, on constate, après la mort de l'animal, que l'excitation des nerfs moteurs provoque encore, comme dans l'état normal, des contractions dans les muscles auxquels ils se distribuent. Or il est facile de reconnaître que cette dissemblance d'action tient à la différence de la dose introduite sous la peau de la grenouille. L'aconitine cristallisée, à la dose d'un milligramme, produit rapidement un arrêt du cœur; l'absorption et le transport de la substance toxique cessent ainsi avant que les extrémités intra-musculaires des nerfs moteurs aient pu être

mises en contact avec une quantité de cet agent suffisante pour les modifier. Si, au contraire, on n'injecte qu'une dose beaucoup plus faible, mais encore toxique, d'aconitine, le cœur ne s'arrête pas : le poison peut ainsi agir pendant plus longtemps sur les terminaisons des fibres nerveuses motrices et paralyser l'action de ces fibres.

Cl. Bernard, à qui l'on doit, sur l'action physiologique des poisons et des médicaments, des travaux de la plus haute importance, considérait l'étude de cette action comme un nouveau et très pénétrant moyen d'analyse des éléments anatomiques. A l'aide de cette étude, on pouvait, suivant lui, différencier d'une façon décisive certains éléments anatomiques que leur structure et même, jusqu'à un certain point, leurs propriétés physiologiques, rapprochaient les uns des autres. Il en était ainsi, disait-il, des fibres nerveuses motrices et des fibres nerveuses sensitives : les fibres nerveuses motrices seraient, d'après Cl. Bernard, empoisonnées, *tuées*, par le curare, et cette substance n'agirait pas sur les fibres sensitives; au contraire, ces dernières fibres seraient *tuées* par la strychnine, poison qui n'aurait pas d'action sur les fibres motrices. Pour les fibres musculaires de la vie animale, bien distinctes d'ailleurs, par leur structure et leur propriété physiologique, des fibres nerveuses, elles seraient aussi empoisonnées d'une façon élective par le sulfocyanure de potassium, tandis que les nerfs moteurs et sensitifs résisteraient à l'influence de cet agent toxique.

Ces idées de Cl. Bernard sur les poisons et les médicaments ont servi de base à des classifications de ces substances. On a admis des poisons et médicaments des nerfs moteurs, des poisons et médicaments des nerfs sensitifs, des poisons et médicaments des muscles.

Or cette classification me paraît très attaquable, non dans son principe, mais dans l'application qu'on en a faite. Je dis que le principe n'est pas contestable au fond : en effet, on est en droit d'admettre que les substances toxiques et médicamenteuses exercent leur influence d'une façon élective sur certains éléments ou sur certains agrégats de substance organisée et non sur d'autres. S'il n'en était pas ainsi, il serait impossible de comprendre le mode d'action plus ou moins spécial de tels ou tels poisons, de tels ou tels médicaments. Il est incontestable, par exemple, et c'est un fait dont nous devons la connaissance à Cl. Bernard, que l'oxyde de carbonne agit d'une manière spéciale, élective, sur les globules rouges du sang; mais pour les autres propositions de cet illustre physiologiste et pour les conséquences qu'on a voulu en tirer pour les appliquer à la classification des poisons et médicaments, il est permis de les discuter.

Je ne puis admettre l'existence d'agents toxiques qui tueraient la fibre nerveuse motrice, qui anéantiraient sa propriété physiologique, durant la vie de l'animal, par l'intermédiaire des voies circulatoires, et dont le type serait le curare. Le curare, d'après moi, laisse, du moins au début de son action, la propriété physiologique de la fibre nerveuse motrice, la *névrilité*, tout à fait intacte, comme il laisse intacte la propriété physiologique de la fibre musculaire primitive, la *contractilité*.

Pendant une certaine période de son action, il rompt pour ainsi dire la continuité physiologique entre la fibre nerveuse et le faisceau musculaire primitif, de telle sorte que les excitations qui parcourent la fibre nerveuse ne peuvent plus se communiquer au faisceau musculaire; mais, je le répète, il n'y a pas, à ce moment, abolition de la propriété physiologique de la fibre nerveuse. Des modifications qui ont lieu dans toute la longueur de la fibre nerveuse sous l'influence des excitants, chez un animal sain, se produisent encore chez l'animal curarisé, lorsqu'on irrite les nerfs moteurs par des agents d'excitation mécanique ou galvanique ; mais le muscle, quoique encore irritable, n'est plus provoqué à la contraction par ces excitations; il y a entre les deux éléments un obstacle qui arrête toute communication.

Je ne pense pas non plus qu'il existe des agents toxiques dont la propriété serait de tuer les fibres sensitives des nerfs. La strychnine, par exemple, ne me semble pas posséder ce pouvoir. Comme je l'ai rappelé, elle excite, elle exalte les propriétés de la substance grise de la moelle ; des convulsions tétaniques réflexes se déclarent : puis, si l'expérience est faite sur une grenouille, et si la dose est quelque peu considérable, l'animal, après une certaine période de tétanos strychnique, entre en complète résolution. Mais il est aisé de le faire voir, et je le montrerai lorsque nous étudierons l'action physiologique de la strychnine, la sensibilité, même dans cette période de résolution, est tout à fait conservée.

Enfin, il y a lieu de se demander s'il existe de vrais poisons musculaires, c'est-à-dire des substances toxiques qui agissent d'une façon élective sur les faisceaux musculaires primitifs. En tout cas, s'il en existe, ce seraient des substances végétales (digitaline, inée, upas-antiar, vératrine, etc.) ou animales (venins du crapaud, de la salamandre aquatique) ; mais on ne devrait pas, suivant moi, ranger dans ce groupe les sels métalliques qui ont été classés. Le sulfocyanure de potassium lui-même, qui a été considéré comme un type de cette sorte d'agents toxiques, ne détruit les propriétés des muscles que

lorsqu'il entre directement en contact avec eux ; il ne produit pas le même effet lorsqu'il se répand dans l'organisme par la voie de la circulation : vous verrez, dans la suite de ces leçons, des expériences qui mettront ce fait en pleine évidence. Je dois rappeler, d'ailleurs, que M. Cl. Bernard a fait des réserves sur le mode d'action de cette substance ; mais les physiologistes qui ont répété ses expériences ont été beaucoup plus affirmatifs que lui. Ce que je dis ici du sulfocyanure de potassium s'applique, ainsi que je l'ai montré il y a longtemps déjà, à l'ensemble des sels métalliques qui ont été désignés bien à tort sous le nom de poisons musculaires.

Je ne crois pas devoir insister davantage sur les considérations générales auxquelles se prête l'étude de l'action physiologique des poisons et des médicaments ; je trouverai l'occasion de les compléter en exposant l'état de nos connaissances actuelles sur celles de ces substances qui me semblent offrir le plus d'intérêt.

Vous serez à même d'apprécier la valeur des objections que j'opposerai à certaines opinions et des vues que je chercherai à faire prévaloir, car tout mon enseignement sera appuyé sur des expériences, et la plupart d'entre elles seront faites sous vos yeux.

VULPIAN (1).

(1) La *Revue internationale des sciences* publiera les leçons de M. Vulpian sur l'*Étude physiologique des médicaments et des poisons*, rédigées par le professeur lui-même.

DE LA SCIENCE ET DE L'ART MÉDICAL

Par M. le professeur Donders (1)

Vous venez d'entendre le rapport aussi exact que concis de notre éminent secrétaire général, et vos applaudissements en ont attesté le mérite.

Permettez-moi, messieurs, de vous adresser la parole à mon tour, pour vous exposer, en guise d'introduction, la nature, la diversité et l'importance de nos travaux. Mon but sera atteint, si je réussis à vous mettre sous les yeux la science et l'art médical, tels qu'ils se reflètent, *à l'état naissant*, dans notre programme, et tels qu'ils s'exprimeront dans vos communications et dans vos débats.

Il s'agit donc de questions qui sont à l'ordre du jour; il s'agit de points douteux qui réclament de nouvelles lumières et qui attendent leur solution, non pas du choc des opinions, mais des faits bien constatés et dûment médités, que vous apporterez de toutes parts. Lorsque j'aurai à m'occuper d'histoire, ce ne sera que dans la mesure nécessaire pour préciser le sens de divers problèmes en en retraçant l'origine.

Quand je parle de science et d'art, j'ai en vue la science médicale et l'art de guérir dans la stricte signification du mot.

Il est un art d'ordre supérieur, qui n'a sa racine ni dans la science ni dans la technique, mais qui se manifeste dans l'une et dans l'autre et leur donne ce cachet que nous admirons dans les chefs-d'œuvre purement esthétiques. Dans notre sphère, il perce au delà de ce que découvrent les sens; il manifeste son efficacité non seulement par des moyens matériels, mais par un langage qui rencontre de l'écho, par un regard qui inspire la confiance, par un témoignage de sympathie qui devient un bienfait : conséquences d'une identification intuitive avec le malade.

Mais ce n'est pas cet art que j'ai en vue. Je ne le pourrais. Car il est d'une nature supérieure; c'est un don qui ne se communique pas à autrui et que la discussion ne perfectionne pas.

Ce que j'ai en vue, messieurs, c'est tout simplement la thérapeutique, l'art de guérir, entendu, je le répète, dans le sens étroit du mot.

Dans ce sens, je me demande d'abord quels sont les rapports entre l'art et la science.

(1) Discours d'ouverture du Congrès international des sciences médicales, à Amsterdam, 1879.

C'est à l'école éclectique de la médecine rationnelle que j'ai été nourri. Nos savants et vénérés professeurs se glorifiaient de lui appartenir et revendiquaient, comme leur plus beau titre d'honneur, celui de médecin rationnel. Quiconque eût appliqué des remèdes dont il ne saisissait pas l'action, à des maladies dont il ne connaissait pas la nature, aurait risqué de s'attirer la qualification de grossier empirique. Les préceptes de la thérapeutique générale nous étaient représentés comme la base de la pratique, et l'on nous révélait ses règles en autant de méthodes de traitement, destinées à combattre avec succès autant de classes d'affections.

Du reste, nous étions tenus de suivre humblement la nature, de la conduire peut-être, de la contraindre, jamais!

Dans ce mot d'ordre gisait le grand secret.

Remarquez de quelle manière naïve on était parvenu à bercer son ignorance de connaissances illusoires. En pleine sécurité, on s'abandonnait au charme d'une béate confiance, fruit d'une vénération sincère envers la force vitale et sa fille complaisante, la force médicatrice de la nature.

Ce charme ne pouvait durer. Voici qu'apparaît notre Henle, et, comme s'exprime Moleschott, les écailles nous tombent des yeux.

Dans un style qui ne cesse d'exciter notre admiration, tantôt par l'ironie spirituelle, tantôt par de vigoureux sarcasmes, il dissipe la douce illusion et chasse de son refuge dernier la dernière des idées téléologiques.

Nous le comprenions d'autant mieux que, sous la parole pittoresque de Mulder et le langage nerveux de du Bois-Reymond, la force vitale avait déjà succombé.

Et ceux qui n'avaient pu encore se séparer de l'image chérie s'aperçurent qu'ils pressaient un fantôme entre leurs bras, quand les notions de force et de travail furent mises en pleine clarté, grâce à la loi de la conservation des forces, formulée par Robert Mayer.

Restait encore à démontrer que le but que semblaient manifester les organes et les relations des organismes avec le monde extérieur devait être ramené à une simple harmonie, et que cette harmonie trouvait son explication causale dans les lois d'habitude, d'exercice et d'hérédité.

Cela se fit en 1848, c'est-à-dire à une époque où Lamarck était encore oublié et où Darwin n'avait pas encore parlé.

C'est ainsi que sur tous les domaines le sceptre fut arraché à la téléologie!

Quant à notre art (à l'exception des méthodes mécaniques), la réac-

tion fut poussée tellement loin dans certaines écoles, qu'on était enclin à faire table rase, et que, s'abstenant de toute thérapeutique, on laissa l'anatomie pathologique sur le trône.

On oublia que celle-ci et la séméiotique correspondante ne considèrent que le côté morphologique des processus, et non pas les images vivantes de la maladie, et qu'elles négligent les causes.

D'ailleurs, ce n'était qu'une préparation.

On ne tarda pas à trouver le vrai chemin. Ce n'est pas à la salle de dissection, c'est au lit des malades que l'on empruntait ses types de maladie, en tenant compte des causes actives; et des types ainsi établis, les résultats de l'autopsie n'étaient le plus souvent que le complément morphologique.

Puis, se prévalant de ces types, on constituerait la thérapeutique sur des bases purement empiriques.

En effet, de cette manière, la vraie relation entre la science et la pratique était trouvée.

Aux sciences physiques, avec lesquelles le lien n'avait jamais été rompu, le médecin empruntait la méthode exacte qui leur est propre, et les multiples moyens d'investigation, et, guidé par la physiologie, il s'efforçait de pénétrer, d'une part jusqu'aux causes efficientes, de l'autre jusqu'à la signification et aux rapports des symptômes, tandis que la théorie cellulaire était appelée à répandre du jour sur les processus eux-mêmes.

Cet esprit s'est perpétué dans la clinique jusqu'à nos jours, et, si je ne me trompe, les communications qui nous seront présentées par nos maîtres en rendront témoignage.

Mais cette esquisse, me demandez-vous, n'a-t-elle pas une couleur un peu locale? Votre attention ne s'est-elle pas trop exclusivement fixée sur l'école allemande, dont celle de la Hollande est surtout tributaire?

Je l'avoue, l'art et la science médicale suivaient en France un chemin différent.

Il y a environ un siècle, les hommes y naquirent qui jetèrent les fondements sur lesquels l'école française a bâti et dont elle ne s'est point départie. Tandis qu'ailleurs les esprits s'enfonçaient dans des spéculations philosophiques, celle-ci cherchait et trouvait son salut dans l'investigation anatomico-pathologique et dans une séméiotique correspondante, et l'on remontait en même temps aux vrais principes de l'anatomie générale.

Les Laënnec, les Corvisart se montrent animés de l'esprit d'un Bichat, qui déjà avait commencé à poindre dans Pinel.

Je me souviens, messieurs, de l'impression que produisirent sur nous, étudiants, les recherches d'un Lallemand sur l'encéphale, les modèles de clinique médicale d'un Andral, que l'on invoquait également en Allemagne pour se soustraire aux entraves de l'école. Près d'eux brillait Ricord, ce grand observateur sur son domaine spécial.

Cependant, pour les principes, cette génération ne s'élevait pas sensiblement au-dessus du niveau atteint par ses devanciers.

L'esprit positif, qui avait rompu avec les concepts ontologiques, n'avait pas encore fait valoir tous ses droits en France. En outre, l'histologie pathologique manquait de représentant apte à lui donner une impulsion féconde. Nous ne sommes donc pas surpris que Claude Bernard soit considéré en France comme le fondateur de la physiologie générale. En Allemagne, la crise violente, suscitée par de longues aberrations, avait facilement englouti les théories vitalistes; en France, elles attendaient encore leur justicier. Nous avons un grand respect pour Claude Bernard. Vainement peut-être chercherait-on technique plus consommée, méthode plus rigoureuse, œil plus vigilant, absence plus absolue de préjugés, plus infatigable critique de soi-même, le tout concentré sur des questions la plupart heureusement posées et couronnées par d'éclatantes découvertes. Et tant et de si rares qualités réunies dans la plus aimable des personnalités! En faut-il davantage pour comprendre que, avec l'assentiment universel, sa patrie ait rendu aux restes du grand naturaliste les marques d'honneur qu'elle n'avait accordées jusqu'ici qu'aux hommes d'Etat et d'épée? Mais ce serait une illusion que de vouloir attribuer à ce maître vénéré la fondation de la physiologie générale. Certes, il en a compris et cultivé les vrais principes et contribué puissamment à les propager dans son pays; mais ce rôle n'aurait pu être aussi important, si la science étrangère y avait trouvé plus facile accès.

Tandis que nous voyons le mouvement français se communiquer aux contrées du Sud, et le mouvement allemand à celles du Nord, qui, de leur côté, ne manquaient pas de spontanéité, l'Angleterre poursuivait sa propre marche, quelque peu grave et mesurée, l'œil dirigé plutôt vers la pratique que vers la science, se souciant médiocrement de théories et formant ses « Practitioners » dans les hôpitaux, avec ce remarquable résultat de produire des médecins, qui, bien que praticiens consommés, n'en furent pas moins les dignes émules de ses grands « Philosophers » et surent lier leurs noms à d'immortelles découvertes dans le champ de la physiologie.

Vous le constaterez avec moi, messieurs, d'une foule de questions, figurant à notre programme, ressort la relation signalée entre la

science et la pratique. Vous la trouvez dans l'essai de déterminer l'acuité auditive, dans l'explication des sons et des bruits du système vasculaire et dans l'analyse expérimentale et mathématique du tracé sphymographique, dus, l'un et l'autre, au laboratoire physiologique de Leide; dans l'analyse du vertige de Ménière, qui rattache ce type intéressant à la physiologie des canaux semi-circulaires de l'oreille, et notamment dans l'exploration des rapports entre les lésions du cerveau et leur reflet dans l'œil, au point de vue des localisations cérébrales, sujet important, que notre ami et collègue de Heidelberg s'est proposé de traiter devant vous.

Vient maintenant la thérapeutique, qui, se prévalant d'un diagnostic sévère, a la prétention de se développer par voie purement empirique.

Tel est son objectif perpétuel.

Elle est sceptique, comme il convient de l'être, en présence d'une pluralité de causes.

De préférence, elle se sert de moyens, dont elle ne comprend pas le mode d'action.

Nommez rationnelle telle médication, préconisez telle explication comme très plausible; vous éveillez ses soupçons.

Or un résultat comme celui des recherches sur la phosphaturie, qui vous seront exposées, est bien susceptible de nourrir cette défiance.

Cela n'empêche pas la thérapeutique de suivre avec un vif intérêt les recherches sur l'action physiologique de ses agents, actuellement à l'ordre du jour. L'examen de leur constitution et les rapports entre la constitution et l'effet toxique, qui çà et là commencent à se révéler, excitent ses plus hautes aspirations. Car, si elle se tient strictement aux leçons de l'expérience, elle ne désespère point de saisir dans ces substances quelque lueur sur leur vrai mode d'action.

Et qu'on ne bannisse pas incontinent ces aspirations, comme trop téméraires.

Ne voit-on pas déjà nos idées sur quelques modes d'action revêtir une forme définie?

Nous comprenons les effets de l'oxyde de carbone par son action sur l'hémoglobine. Des molécules plus compliquées, introduites dans l'organisme, passent dans les tissus, produisent leurs effets et sont éliminées, comme l'oxyde de carbone, sans avoir subi de changement; comment se figurer leur mode d'action, sinon en vertu de leurs rapports avec les molécules vivantes, de leur participation directe aux processus de dissociation qui constituent la vie des tissus?

Notre démarche pour entendre les dernières conquêtes des pionniers qui explorent ces domaines peu cultivés a échoué. Veuillez donc vous contenter, messieurs, en fait de pharmacodynamie, de l'examen de la question, s'il y a des médicaments qui ont une action directe sur la nutrition, et prêtez votre attention aux recherches concernant l'influence de quelques alcaloïdes sur l'œil, l'organe aux réactions si délicates, et sur les contractions de l'utérus. Mis en rapport avec les résultats de l'expérience thérapeutique, cette étude répandra peut-être quelque lumière sur le jeu des molécules que je viens d'indiquer.

Messieurs, si, en général, la science ne rend qu'indirectement service à notre art, elle réussit quelquefois à lui ouvrir de nouveaux horizons, ou même à lui dicter des vérités, sur lesquelles l'art n'a plus qu'à poser son sceau.

On se rappelle comment la physiologie apprit à distinguer les anomalies de la réfraction et de l'accommodation et fournit les méthodes pour une étude exacte de ces anomalies et des troubles qu'elles produisent : la pratique n'eut qu'à suivre les indications de la science, pour créer un système qui semble établi à jamais.

Et tantôt une dissertation approfondie nous apprendra comment l'étude de l'évolution physiologique du squelette a fixé la connaissance et le traitement de ses déviations.

Mais, avant tout, laissez-moi vous retracer, dans cette partie de mon discours, l'origine de la méthode aseptique, sans contredit la victoire la plus signalée dont la chirurgie contemporaine puisse s'enorgueillir.

Il y a quatre ans, la Néerlande célébrait la fête commémorative de son Antony V. Leeuwenhoek. Deux siècles s'étaient écoulés depuis que son œil scrutateur, armé des instruments que sa main avait créés, contempla pour la première fois les organismes microscopiques. Dans le discours qu'il prononça à Delft, l'illustre professeur Harting, jadis notre confrère, esquissa en termes clairs et frappants la grande portée de cette découverte sur plus d'un domaine. Leeuwenhoek discerna aussi les corpuscules qui jouent un rôle dans le processus de la fermentation. Mais leur véritable nature lui échappa. Et ce n'est que depuis quarante ans que, grâce aux recherches de Schwann et de Cagniard-Latour, ils furent reconnus comme des organismes microscopiques.

Etaient-ils nés spontanément dans la liqueur en fermentation? Schwann exclut la fermentation, en chauffant à haut degré l'air pénétrant dans ses appareils, Dusch et Schrœder, en les filtrant à travers

du coton, et Pasteur montra dans ce coton des germes de nature différente, et son remarquable talent expérimentateur en suivit partout les traces dans l'atmosphère. Ils furent de la sorte reconnus comme condition indispensable à provoquer la fermentation. Et il ne put rester de doute sur le rôle qu'ils continuent à remplir, lorsque Helmholtz fut parvenu à réunir toutes les conditions et simultanément tous les produits de la fermentation dans une liqueur, en n'excluant, par un simple diaphragme, que nos petits organismes, et par là la fermentation elle-même.

Or ce qu'on avait constaté de la fermentation allait bientôt se vérifier de la putréfaction. Nos instruments perfectionnés découvrirent que les plus petits organismes microscopiques en étaient les inséparables satellites, et qu'après la coction des substances putrescibles il suffisait d'en interdire l'approche, pour empêcher la pourriture même. Impossible d'en fournir une preuve plus palpable et plus décisive que par l'ingénieuse méthode de Tyndall : se contentant d'écarter par un procédé mécanique les innombrables particules que l'on voit étinceler dans un rayon de soleil, il aboutit à ce résultat surprenant, que l'air, optiquement pur, cessait d'infecter le liquide au sein duquel la cuisson avait tué les germes.

Et parmi ces particules n'y aurait-il pas non plus les germes de nombreuses maladies ? Certes, de la putréfaction à l'infection il n'y avait qu'un pas. La vieille théorie du contagium animatum, la théorie fermentitielle de la vie, les données sur les parasites, l'analogie entre certains processus morbides et la dissolution, le progrès de l'infection et sa période d'incubation, l'augmentation du virus dans l'organisme envahi, tout se réunissait pour conduire à cette hypothèse, et l'observation ne tarda pas à la confirmer. Un instant on s'abandonna même à l'illusion d'avoir trouvé le parasite coupable de chaque forme de maladie spécifique. Champ plus fécond fut-il jamais ouvert au jeu de l'imagination? Mais la vertu d'abstention, « à laquelle seule est réservée la contemplation de la vérité entière, » s'interposa victorieusement. Nos connaissances réelles et nos pressentiments légitimes (ces derniers, à titre d'éclaireurs sur le champ des investigations) se trouvent formulés de la façon la plus lumineuse par mon savant ami de Lyon, qui, dans de mémorables expériences, nous fit assister au combat, et à ses chances diverses, entre le processus moléculaire de l'organisme vivant et l'armée envahissante des parasites.

Messieurs, si Lister a reconnu la cause de la suppuration des plaies, son grand mérite réside dans l'énergie de sa conviction et dans la logique de fer qui l'ont conduit au but. Le chirurgien lui doit la plus

grande des satisfactions, la garantie presque absolue du succès dans toute opération bien conduite. Nous sommes heureux de pouvoir offrir ici au bienfaiteur de l'humanité l'hommage de notre admiration et de notre gratitude éternelle! Un noble organe, l'œil, attendait encore les bienfaits de cette méthode. Or, dans les opérations de la cornée, dont, faute de vaisseaux, le tissu ne résiste guère aux bactéries, son intervention était impérieusement réclamée. Mais la sensibilité de l'organe en enrayait la franche application. Surmonter cet obstacle, voilà le but de nos efforts. Et dans la section d'ophthalmologie, où la question sera introduite par mon intime collaborateur, nous apprendrons quelles voies on a tentées, à quels résultats on est parvenu.

Les parasites ont d'ordinaire une grande ténacité de vie : ce qui peut détruire les bactéries est également hostile à notre nature. L'emploi de l'acide phénique, dont on avait reconnu l'efficacité, était suivi assez souvent de symptômes d'empoisonnement, dans quelques cas avec issue fatale. Fallait-il s'en prendre à l'acide phénique même? ou bien à des mélanges étrangers? Les recherches, qui nous seront exposées, démontrent que l'acide phénique lui-même, si d'une part il protège la vie, la menace de l'autre. Les tentatives de remplacer ce remède équivoque n'ont pas manqué et trouveront, à coup sûr, de l'écho dans notre réunion. Vous voyez, messieurs, combien de questions pratiques se groupent autour d'un sujet d'origine purement scientifique.

Mais ce n'est pas tout. Sur le terrain de l'hygiène publique encore, la science, à ce propos, fait retentir sa voix, expliquant les faits d'après ses vues et n'hésitant même pas à imposer son autorité là où il s'agit de décréter des mesures pratiques.

La plupart d'entre vous n'ignorent point, sans doute, comment l'illustre C. von Nägeli (1), se prévalant des résultats de recherches classiques sur les microbes qu'il réunit sous le nom de Schizomycètes, professe des principes et en déduit des préceptes en contradiction flagrante avec les principes traditionnels des hygiénistes. Nulle part peut-être ses vues n'ont fait autant d'impression qu'en Hollande, surtout dans la capitale, siège de notre Congrès, où d'importantes questions pratiques, liées à ces problèmes, étaient restées en suspens. Je ne m'aventure pas à porter une décision en cette matière, qui, de l'avis de notre Académie des sciences, n'est pas encore susceptible de solution. Mais je ne saurais m'abstenir de constater que plusieurs des prescriptions du célèbre botaniste revendiquent le droit d'être

(1) Voyez la *Revue internationale des sciences,* tomes I, II et III.

écoutées en face de l'ancienne doctrine : et si cette dernière, au lieu d'en discuter les arguments et de les combattre par des faits, se contente de les flétrir comme des hérésies et se plaint de la faveur qui les accueille, on se demande involontairement si elle n'a rien de mieux à y opposer que l'orthodoxie de sa croyance. Quoi qu'il en soit, les déductions audacieuses de von Nägeli, sans compter les résultats positifs de ses investigations, ne peuvent que profiter au caractère exact de l'hygiène, si elles portent à examiner de nouveau consciencieusement les raisons de mainte opinion courante, si elles mettent en garde contre les partis pris et amènent une distinction rigoureuse de ce qui est démontré et de ce qui n'est que supposition gratuite.

Nous avions espéré — on nous l'avait promis — entendre von Nägeli lui-même défendre ses thèses, corroborées, comme il nous l'annonçait, par des faits nouveaux. Mais entre vouloir et faire — je commence à l'éprouver moi-même de plus en plus — l'abîme s'élargit à mesure qu'on avance en âge.

Toutefois, messieurs, il vous restera le privilège d'entendre discuter la valeur de la doctrine de Nägeli, dans la propagation des épidémies miasmatiques et spécialement des épidémies de choléra de nos jours, par le vénérable confrère connu à beaucoup d'entre vous par son travail sur les suites de l'assèchement du lac de Haarlem.

Ajoutons que la question : Par quels moyens les gouvernements peuvent-ils défendre les populations contre les maladies contagieuses épidémiques ? que traitera devant vous un de nos représentants autorisés de l'hygiène publique, n'est pas sans rapport avec la doctrine de Nägeli.

En continuant, messieurs, de rassembler sur notre terrain des faits appelés à trancher le litige en dernier ressort, nous suivons avec grand intérêt les faits purement scientifiques qui se rattachent à l'histoire des bactéries et d'autres microbes. En effet, leur étude a encore bien des progrès à accomplir. Combien d'énigmes renferme même le processus relativement simple de la fermentation, la discussion récente entre des hommes tels que Pasteur et Berthelot peut nous l'apprendre. Si d'un côté l'expérience de Helmholtz, mentionnée ci-dessus, semble pleinement prouver que la présence des organismes vivants est indispensable à l'acte même de la fermentation, d'un autre côté, l'explication de la vie des prétendus anaérobes, à l'aide de l'oxygène qu'ils emprunteraient aux combinaisons du carbone, ne saurait nous satisfaire.

Vous savez, messieurs, que notre éminent confrère et ami Paul Bert

appliqua sa découverte sur l'influence de l'oxygène condensé à l'examen des ferments amorphes et organisés, et étudia, de ce point de vue, le rôle des microbes dans l'infection charbonneuse. Or nous avons réussi à créer une méthode qui permet de suivre sans interruption, sous le microscope même, les effets des gaz, à degrés alternants de condensation, et un de mes collègues se proposa de vous expliquer cette méthode et de dire quelques mots sur les résultats qu'il a obtenus.

La section de l'hygiène publique nous présente encore la question fondamentale : Comment l'état de la santé publique peut-il être mesuré ? laquelle sera développée par un des membres du Comité provisoire. Puis la question de la surveillance des denrées alimentaires. Et vous écouterez, avec toute l'attention qu'il mérite, dans une de nos séances générales, le discours que prononcera, sur la protection de l'enfance contre le travail prématuré, l'homme d'État auquel notre législation sur ce point important est redevable. Messieurs, dans les questions de ce genre, l'hygiène publique est appelée à remplir un rôle plus élevé encore que celui de nous protéger contre les épidémies : il s'agit de réaliser les conditions qui peuvent mener le genre humain au degré le plus haut de la perfection physique et psychique.

En nous enquérant des sujets que les autres sections se proposent de traiter, nous voyons qu'à côté de l'intérêt individuel l'intérêt général y est encore largement représenté.

Dans la section de médecine, se rencontre l'éducation médicale, question pleine d'actualité, qu'approfondira une des plus grandes autorités de l'Allemagne.

Le sujet de la peste, que nous nous étions empressés d'inscrire à notre programme, pour y renoncer quand il eut perdu de son actualité, n'en aura pas moins ici son interprète.

Dans la section de chirurgie, à côté d'importantes opérations, entreprises à la faveur de la méthode aseptique, figure la question des baraques mobiles pour les blessés ; et, des instruments que notre exposition soumet à votre examen, plusieurs sont tombés dans le domaine public.

Dans la section d'accouchement et de gynécologie, la prophylaxie dans les couches n'est pas étrangère à la médecine publique. Et il n'a pas dépendu de nous que la grave question de la position à prendre par la gynécologie dans les questions sociales qui ont rapport à la procréation, en vue surtout des maximes des néo-malthusiens, ne fût abordée par un des deux hommes que leurs travaux faisaient désigner du doigt.

Consultons-nous le programme de la section de psychiâtrie, là aussi l'intérêt général apparaît au premier plan dans l'étude des devoirs de l'État au sujet des aliénés, dont s'occupera l'Inspecteur des hospices d'aliénés, qui a eu déjà une grande influence sur la législation en cette matière. Vient ensuite la question de l'aliénation mentale comme cause de divorce.

Enfin, la section d'ophthalmologie placera à son ordre du jour un projet de règlement pour l'examen des facultés visuelles du personnel des chemins de fer; la section d'otologie, les maladies des oreilles au point de vue des assurances sur la vie, et celle de pharmacologie n'essayera pas seulement de préparer l'adoption d'une pharmacopée universelle, à laquelle nous sommes tous intéressés, mais elle vous fera voir en outre jusqu'à quel point notre gouvernement a réussi à assurer les approvisionnements d'un médicament précieux, — peut-être le plus précieux de tous, par l'heureuse culture du quinquina à l'île de Java.

Ce coup d'œil vous aura montré, messieurs, que spontanément, du moins sans concert ni préméditation, les problèmes d'intérêt public, ceux des mesures à prendre par l'État en particulier, ont occupé dans notre programme la part du lion, attestant de la sorte l'esprit qui régit nos assises internationales et leur donne de justes titres à la sympathie et au concours des gouvernements.

Messieurs, j'ai tenté, dans ces paroles, de dérouler devant vous le tableau des progrès de notre art, en rapport avec ceux de la science, tout en revendiquant pour lui, dans certaines limites, une marche libre et indépendante. Quant à la science, elle recule ces limites beaucoup plus loin, ou plutôt elle n'en souffre pas. Ne connaissant aucun motif hors de soi-même, elle tend sans cesse à la perfection, en vertu de son droit, de ses devoirs, de ses besoins. Que celui qui cherche l'utile ne se flatte point d'arracher à la nature ses secrets. Car elle est jalouse, notre sublime déesse du Savoir, et elle n'octroie ses faveurs qu'à ceux qui la servent et la chérissent pour elle-même. Certes, elle voit avec complaisance mûrir sur son champ des fruits dont la semence, répandue ailleurs, promet une riche moisson aux besoins matériels, et elle bénit la main qui les récolte. Mais que le cultivateur n'ait en vue que la beauté et le parfum des fleurs pour lui en offrir, à elle seule, le reconnaissant hommage !

Que j'aimerais à esquisser cette marche de la science, telle qu'elle se réfléchit dans les questions de notre programme, aussi complètement que je vous marquai les rapports de la science à l'art. Mais le temps durant lequel j'ai déjà fait appel à votre bienveillante attention

m'avertit d'abréger. Permettez-moi pourtant de ne point passer cette partie sous silence.

Notre science, messieurs, se concentre dans la physiologie, qui embrasse la vie physique et psychique de l'homme, son origine et sa nature, et, par suite, les problèmes les plus hauts de l'humanité. Sans jamais se séparer de sa sœur aînée, la morphologie, qui dirigea ses pas encore chancelants, elle s'imprègne des principes de la physique et de la chimie et aspire, sous leur égide, au titre de science exacte. Elle est la base des sciences médicales par son contenu, et leur exemple par sa méthode. De plus, le médecin est appelé à être dans la société son organe, au sujet des hauts problèmes que je viens de signaler.

La morphologie, en embrassant l'histoire du développement, revêt aussitôt un caractère physiologique. Sa forme élémentaire, la cellule, est en même temps son élément vivant. Quarante années nous séparent de l'époque où Schwann érigea la théorie cellulaire en principe des sciences biologiques. La cellule de Schwann s'est transformée dans le cours du temps; la membrane-enveloppe a perdu sa signification; le contenu a été ramené au protoplasme, et des formes plus simples ont été reconnues par Brücke comme les protogènes de la matière vivante (formes qui ne paraissent pas plus que des particules homogènes de mucus, mais qui sont et signifient infiniment davantage); l'autogenèse de la cellule a disparu devant le *omnis cellula ex cellula*, devise de la pathologie cellulaire, et la divison des cellules, d'abord simple schéma, poursuivie avec la dernière précision possible jusque dans la cellule individuelle, a été reconnue comme un processus des plus compliqués. Et, malgré ces grands et multiples progrès, la première conclusion de la question sur le développement des cellules : « Toutes les recherches récentes tendent à établir de plus en « plus de nombreux points de rapport entre la division des cellules « animales et celle des cellules végétales, » exprime encore l'esprit et le titre même du mémorable livre de Schwann.

Sur le terrain clinique et biologique, a été également renversée depuis longtemps la muraille de séparation qu'une vaine dogmatique avait dressée entre les plantes et les animaux.

Nous ne saurions, messieurs, ne pas exprimer notre regret de nous voir privés de la démonstration des remarquables changements qui s'opèrent dans l'œil fécondé, la cellule active par excellence, sujet que nous avions confié au jeune naturaliste qui, à côté de Schwann, poursuit avec succès la marche ouverte par le maître. Mais ce qui ne vous manquera pas, messieurs, c'est de voir démontrer, dans l'étude

du tissu musculaire, à quel degré l'investigation morphologique contribue à la solution de problèmes physiologiques ; et l'histologiste dont la France a le droit d'être fière nous réserve sans doute une de ces heureuses combinaisons de recherches, à la fois morphologiques et physiologiques, auxquelles il nous a accoutumés.

De concert avec la microchimie, la morphologie a aussi enfanté des prodiges que nous attestent surtout les organes sécréteurs, et nous n'avons pas encore abandonné l'espoir de les entendre exposer ici par le physiologiste dont le nom est étroitement lié à ces recherches; à celles-ci se rattachent les conquêtes concernant l'influence des nerfs sur la sécrétion, inaugurées par l'immortelle découverte de Ludwig et étendues à toutes les sécrétions périodiques, sans exception, phénomènes auxquels se relie la théorie des fibres dilatatrices de Bernard et dans lesquels se manifeste d'une manière si caractéristique l'action des diverses substances toxiques. Période merveilleuse, où tant de faits surprenants sont mis au jour et ouvrent des points de vue qui invitent, excitent, entraînent à des recherches nouvelles! S'étonnera-t-on que les laboratoires florissent, où, grâce à une technique parfaite, les questions les plus délicates sont résolues avec une extrême précision et où quelquefois des recherches heureusement conduites répandent une soudaine clarté sur de grands problèmes ?

Nous avions tâché de faire figurer à notre programme quelque question ayant rapport aux processus psychiques, ordre de phénomènes que la communication prévue sur les systèmes de couleur ne fera qu'effleurer. Mais nous déplorons à la fois l'absence de l'expérimentateur sur lequel nous comptions et du savant que nous avions espéré. Ce n'est pas que nous eussions voulu mettre à l'ordre du jour les forces psychiques des plastidules et des atomes, qui viennent d'émouvoir le public savant : cette question, à mon avis, se prête peu à une élaboration exacte et promet moins encore une discussion fructueuse.

Toutefois, avouons que la physiologie ne peut en ignorer. Aussi je suis loin de vouloir mettre des freins à l'imagination. Ses enfants m'ont toujours été chers, et je me plais à contempler ces créatures tendres et aériennes. Je désire seulement qu'elles restent planer dans leur propre sphère et qu'elles ne soient point supposées sur le terrain des sciences exactes.

Vous savez du reste, messieurs, que la question soulevée est loin d'être neuve. Non-seulement des naturalistes, des philosophes, dans leur cabinet d'étude, mais encore des Révérends Pères, dans leur

cellule, croyant pouvoir concilier ces idées avec la philosophie de l'Eglise catholique, — j'en ai connu moi-même, — ont tâché de pénétrer jusqu'à l'élément psychique des atomes.

Oui, je ne m'en défends pas, sous l'impression sans doute des scrupules excités contre les vivisections, mon imagination alla jusqu'à se demander si, en conscience, on pouvait se permettre de troubler violemment dans une molécule d'eau l'heureuse union de ses atomes volatils, et s'il ne fallait pas plutôt leur ménager l'occasion de rivaliser de joyeux ébats dans l'équilibre mobile de la dissociation, où l'individualité de chacun d'eux pouvait librement se déployer!

Une autre fois, peut-être sollicitée par les conclusions audacieuses de Norman Lockyer, la folle du logis, s'exaltant de plus en plus, voyait, au milieu d'une chaleur toujours croissante, sans rompre le frein de la théorie mécanique, des atomes se diviser, se subdiviser encore en atomes, que dis-je? en molécules, et se fractionner derechef, pour se décomposer définitivement en atomes homogènes, qui, malgré leur petitesse, devaient encore occuper un espace et être, par conséquent, considérés comme divisibles, divisibles à l'infini : visions fantastiques, dans lesquelles chaque phase de température possédait ses propres atomes et ses vibrations correspondantes, peut-être ses êtres pensants, dans les aspirations desquels elle était au point de se perdre.... quand je la ressaisis en flagrant délit d'élucubrations transcendantes et récompensai d'un sourire sa fécondité luxuriante!

Et qui pourra prouver qu'elle suivait une voie insensée?

Mais, en prenant pied sur la terre, reconnaissons, messieurs, que nous ne savons même pas dans quelles substances vivantes l'élément psychique commence à se manifester. Ce que nous savons, — et en chercher des preuves encore serait porter des chouettes à Athènes, — c'est que sa manifestation est liée à une substance vivante, dite psychique, et que tout changement, qui s'opère soit directement, soit indirectement, dans cette substance, modifie les manifestations psychiques. Ajoutons que tout nous porte à croire que les mouvements moléculaires de cette substance et les manifestations psychiques sont congénères, qu'il y a entre eux des rapports absolus. Mais, quant à la nature de ces rapports, la plus grande des énigmes, nous ne pouvons nous en faire aucune idée.

Sauf les atomes, de quelque façon que nous nous les représentions, nous ne disposons que de l'énergie actuelle et potentielle que distingue la loi de la conservation des forces, c'est-à-dire de mouve-

ment et de tension, ou condition de mouvement. De ces deux formes, il y a une chaîne de transformations qui, sous certaines conditions, peuvent nous ramener au point de départ. Mais se fait-on une idée de la façon dont ces mouvements et ces tensions, quelle que soit la forme qu'ils adoptent, engendrent la conscience? Ou bien la conscience se laisserait-elle insérer comme anneau dans la chaîne? Tant que la lumière était restée une force mystérieuse, guidé plutôt par un sentiment poétique que par la raison, on pouvait y voir une transition à une force plus mystérieuse encore; mais depuis la notion exacte de tout mouvement lumineux, issue de la théorie de l'ondulation, la distance est incommensurable, et la perspective de pouvoir jamais annexer les phénomènes psychiques a disparu. Si certaines formes d'énergie, par leur action à distance, revêtent encore un caractère en quelque sorte obscur, leurs transformations nous portent à induire quelles sont les analogues du mouvement lumineux.

Entrons au cœur de la question! Supposons une connaissance parfaite des atomes, de leur nombre, de leurs positions relatives, de leurs mouvements, — et je ne me permettrai pas de la nommer inaccessible, — le phénomène psychique, bien que congénère, la conscience, se présente, sans intermédiaire, comme un phénomène *sui generis*, renfermé ni dans la matière ni dans le mouvement, un phénomène *qui ne se révèle qu'à soi-même*, partant inexpliqué et inexplicable. Quel avantage d'attribuer un élément psychique aux atomes? L'élément psychique de l'atome est une énigme, tout comme celui de la substance complexe. Pour qu'un phénomène soit expliqué ou compris, il faudrait soit le rattacher à d'autres phénomènes connus, soit le ramener à une notion intelligible, comme celles de la matière et du mouvement, qui sont contenues en quelque sorte dans celle de l'espace. Faute de comprendre les rapports des phénomènes psychiques, embrasser le monisme n'est qu'un acte de foi.

Ce n'est pas d'aujourd'hui seulement, messieurs, que je m'exprime en ce sens. Dans mon travail sur la vitesse des processus psychiques, les mêmes idées se trouvent développées. Or, mon

Inexpliqué, — *Inexplicable*,

n'est autre chose que l'

Ignoramus, — *Ignorabimus*,

qui, grâce à l'autorité du savant qui l'a prononcé, à la rare puissance de son langage et à l'illustre forum devant lequel il fut porté, trouva de l'écho dans tous les camps, pour être mal compris par les uns,

faussé par les autres et rarement accueilli avec plein assentiment. Surtout les apôtres de la croyance moniste l'ont frappé d'anathème. Comme si, en face d'un acquiescement docile, la retenue sérieuse devait se retirer dans l'ombre! Ne ressort-il pas de la reconnaissance sincère de du Bois-Reymond et des mots souvent si finement tournés de Fechner, à quel point ils sont enclins, l'un et l'autre, à céder à la fascination du monisme, s'insinuant en quelque sorte comme un postulat de la pensée? S'ils ont su résister, c'est en vertu de l'énergie d'une logique inflexible. Que signifie une souple soumission en face d'un conflit entre deux forces redoutables? Tant qu'on reconnaîtra les forces magnétiques à l'aiguille astatique, on ne cessera de respecter de semblables caractères!

Serait-il vrai que la théorie de la descendance ait contracté une alliance indissoluble avec la conception moniste de l'univers? Celle-ci serait-elle la conséquence nécessaire de la doctrine de la descendance?

Je ne puis le croire.

Constatons d'abord que maint physiologiste, adoptant en principe la doctrine de la descendance, une partie même de ceux qui ont contribué à la fonder, ne comptent pas parmi les adeptes du monisme.

Évidemment, en présence du dilemme, création de chaque espèce et naissance des organismes, sous des conditions données, le choix du physiologiste ne fut pas douteux. *A priori*, le caractère même de la science exige l'adoption de la seconde hypothèse, parce que la première, se reposant dans son ignorance, renonce à toute recherche. Songez, d'ailleurs, que les lois qui nous permettent de concevoir du point de vue causal, et de suivre en quelque sorte le développement des rapports harmoniques dans la nature vivante, les lois d'habitude, d'exercice et d'hérédité, rentrent dans le domaine de la physiologie même. C'était sa tâche de démontrer que les rapports harmoniques, créés dans l'individu par l'habitude et par l'exercice, se propagent dans la race par voie d'hérédité. Dans l'action réunie de ces trois facteurs, elle trouva la clef de la perfectibilité continue dans la création. Surtout elle fit ressortir le puissant mobile de l'exercice, qui, né avec la volition consciente, se révèle comme la force créatrice présidant au développement, voire à la génération des tissus et des organes.

Ne soyons donc pas surpris, messieurs, si le grand facteur de Darwin, la sélection naturelle, trouva le terrain de la physiologie beaucoup mieux préparé et apte à le recevoir que celui de l'histoire naturelle. Il nous rendait compte de la limitation des espèces, que la phy-

siologie, de son point de vue, n'avait su ni expliquer ni comprendre.

Et, avec une reconnaissance mêlée d'admiration, elle rend hommage à l'auteur de l'œuvre monumentale qui, dans son immense richesse de faits, lui ouvrit un nouvel horizon. Mais cela ne l'empêcha point d'élever hardiment la voix contre un zèle apostolique qui laissait le maître loin derrière lui.

N'était-ce pas son droit et son devoir ?

Voilà un édifice grandiose, construit des matériaux les plus variés. Malgré leurs différences d'origine, ils s'enchâssent exactement et se soutiennent entre eux d'une façon merveilleuse. Mais l'édifice présente encore de nombreuses lacunes, et ses fondements semblent sujets à caution. N'est-il pas clair que l'architecte qui rassembla les précieux matériaux, les entrelaça avec art et les ajusta, les adapta plus ou moins, à son insu peut-être, n'est-il pas clair qu'il est plus convaincu de la solidité de la bâtisse que le spectateur impartial, et plus assuré du maintien de l'équilibre quand les lacunes seront comblées?

Aux observations de notre spectateur, l'architecte répond : « Vous n'êtes pas morphologiste ; vous ne connaissez pas nos matériaux. »

Le spectateur se tait modestement; mais sa confiance n'est pas augmentée.

On a vu, il s'en souvient, crouler plus d'une construction dont l'architecte avait garanti la solidité.

Franchement, il ne trouverait l'accident si terrible. Il lui suffit que les matériaux ne soient pas perdus. Et il prévoit que, épurés et soigneusement triés, peut-être ils rendraient de meilleurs services encore dans une construction nouvelle. Puis, la construction ne réussirait pas plus mal si la physiologie, mise en demeure de livrer son contingent, s'en occupait davantage. Si je ne me trompe, celle-ci tâcherait de faire valoir davantage ses propres facteurs, trop relégués à l'arrière-plan par la sélection naturelle, et tendrait à reculer les parentés que marquent les arbres généalogiques des morphologistes.

Mais je me hâte d'ajouter que le principe de la descendance n'en souffrirait pas. La physiologie l'accepte sans restriction. Si l'origine spontanée des organismes n'est pas prouvée dans les conditions réalisables de l'expérience, on ne saurait lui contester le droit de la postuler.

Imposera-t-on le silence à la doctrine de la descendance, tant qu'elle ne sera point établie par des preuves directes et fondée sur des connaissances exactes?

Sur la terre classique de la libre expression de la pensée, cette question paraît presque absurde.

A l'indémontrable conception moniste de l'univers, nous ne contestons pas même le droit de se produire ici sans entraves. La sollicitude pour la libre expression de la pensée, professée ailleurs par un des nôtres, est loin d'impliquer, comme on l'a cru, le désir de la restriction même. Dans la liberté seule, nous reconnaissons la voie de la vérité, notre idéal suprême. Que parfois une doctrine qui attend encore sa complète démonstration soit proclamée le fruit mûr de la science, qu'importe? Il n'y a pas à craindre que les arbres poussent jusqu'aux étoiles. Ne voyons-nous pas chaque fois les eaux se retirer d'autant plus impétueusement qu'elles se sont élevées plus haut, et entraîner dans leur cours ce qui est trop léger ou ce qui manque de solides racines? Que chacun jette son ferment dans cette mer vaste et bouillonnante, où des milliers de pensées se heurtent, s'entrecroisent : la vérité, épurée de plus en plus, finira par surnager. Qu'on ne se demande donc pas avec anxiété quel profit ou quel détriment va procurer à l'humanité telle ou telle idée qui vient de naître ! Que de fois nous voyons ce qui avait paru redoutable être suivi d'effets salutaires et ce qu'on avait accueilli à bras ouverts enfanter des désastres! Et rien de plus naturel : car que signifie l'influence directe que nous saisissions, comparé à l'influence indirecte qui gît ensevelie dans le sein des âges? Liberté donc pleine et entière, et à son ombre prospérera la vérité, source de tout bien!

Mais, dans la libre expression de nos pensées, évitons un écueil. Gardons-nous d'imposer nos convictions à autrui. Ici s'applique l'adage : « Hanc veniam damus petimusque vicissim. » Rappelons-nous que la vérité ne triomphe que par la valeur de l'argumentation et non par des affirmations impérieuses. Nous nous sentons élevés au spectacle d'un noble enthousiasme, génie de la sincérité, comme l'appelle Charles Dickens, et auteur de grandes actions. Mais qu'il ne nous entraîne jamais à la passion, qui perd de vue le respect dû à nos adversaires et n'incline que trop à leur attribuer des motifs inavouables. Obéissant aux préceptes moraux, fondés sur les exigences de la vie sociale même, nous pouvons suivre en frères le même chemin; que l'un s'y précipite avec une fougue ardente, que l'autre mesure trop scrupuleusement chacun de ses pas. « Le même chemin, » ai-je dit. Car tout mouvement est relatif. Ce n'est qu'en apparence que marchent dans des sens opposés les nuages flottant au ciel avec une rapidité inégale. En science comme en politique, les conservateurs d'aujourd'hui sont les libéraux d'hier. Mais, progressistes, ils le sont tous.

Messieurs, nous avons jeté un regard sur deux grands problèmes qui

agitent la science et tiennent l'humanité en suspens. Cette dernière sent que ses plus graves intérêts sont en jeu. De nos idées sur notre origine et sur notre nature psychique dépend, dans chaque sphère de la vie humaine, la solution de questions importantes. Personne ne peut se soustraire au besoin d'y réfléchir, et moins que tout autre le médecin, qui, dans la plus vaste acception du terme, doit être anthropologiste, par excellence.

Quant aux questions psychologiques, des philosophes mêmes les ont adjugées à la physiologie, et la physiologie ne les a pas récusées. Elle ne doit pas uniquement tenter d'incorporer à la physiologie du cerveau les questions spéciales de psychologie ; il lui appartient également d'en soumettre les problèmes généraux à son tribunal.

Et si la théorie de la descendance, à son tour, puise surtout ses matériaux dans le domaine morphologique, la physiologie est seule en état de pénétrer les conditions de développement, d'expliquer, du point de vue causal, ces trois grands facteurs de l'évolution harmonique : habitude, exercice, hérédité, et la tendance à la variation qui paraît en découler. A propos de chaque organe, de chaque fonction, se présentent les questions d'origine et de développement, et l'on est en droit de réclamer de la physiologie qu'elle se pénètre de plus en plus de son devoir de les élucider.

Or c'est ici que se rencontrent la doctrine de la descendance et celle des processus psychiques. Au point de vue de la descendance, l'origine de nos notions s'offre sous un nouvel aspect. La possibilité que, lors de la création, elles aient été octroyées à chaque espèce, a disparu. A nous donc la tâche d'en expliquer l'origine! Or cette explication ne saurait se trouver que dans l'expérience à l'aide des sens et des mouvements volontaires. Pour les idées abstraites, pour les axiomes mathématiques même, les plus grands mathématiciens-penseurs de notre époque ont revendiqué une origine empirique.

Reste à déterminer la part de l'expérience individuelle et celle du phylon dans l'origine de nos notions, question grave, que depuis trente ans j'ai touchée plus d'une fois, mais que je n'aborderai pas ici. Qu'il suffise de rappeler que, pour expliquer l'origine de nos notions, nous sommes obligés d'admettre l'action combinée de l'expérience individuelle et de celle de nos ancêtres, telle qu'elle se transmet, par voie d'hérédité, dans des dispositions virtuelles du cerveau. Même chez l'homme, l'expérience individuelle ne suffit pas pour expliquer le développement des notions, tel que nous le constatons après la naissance.

Je vous ai conduits, messieurs, sur le domaine de la science pure, et

vous n'avez pas compté que la pratique y trouverait sa part. Pourtant, il ne vous aura pas échappé que, dans notre conception des processus psychiques, la volonté s'avance en première ligne comme agent modificateur de la nutrition tant normale qu'anormale, et comment, dans les facteurs qui président au développement des rapports harmoniques, sont renfermés le but capital de l'hygiène, c'est-à-dire l'élévation de l'homme au perfectionnement de son être physique et moral, les principes de la gymnastique, encore peu approfondis, la doctrine de l'hérédité, si intéressante sous différents points de vue, l'influence de la consanguinité sur la progéniture et maintes autres questions de premier ordre.

J'ai fini, messieurs et chers confrères!

Il ne me reste qu'à vous remercier de l'attention bienveillante avec laquelle vous avez suivi mon discours.

Demain, vos travaux commencent.

Est-il délices plus pures que celles qui vous attendent?

La recherche de vérités qui élèvent l'esprit, la poursuite de connaissances qui n'ont d'autre but que le bien-être de l'humanité : voilà l'idéal que réalise le médecin-philosophe.

La conscience de ce privilège divin ouvre les cœurs aux sentiments généreux, source féconde de la fraternité, qui est notre devise!

DONDERS.

LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE ET LES LIMITES DE L'HISTOIRE NATURELLE POSITIVE

PAR M. A. VILLOT[1]

L'observation et l'expérience, telles ont été, telles seront toujours les deux sources de l'histoire naturelle positive. Le naturaliste positif, en effet, n'a d'autre ambition que celle de décrire les phénomènes de la nature et les rapports constants qui existent entre ces phénomènes. Aussi bien, l'histoire naturelle n'est-elle pas une science que l'on puisse apprendre par cœur, enseigner par la parole ou avec des livres. On peut avoir la mémoire meublée de milliers de faits relatifs à l'histoire naturelle et n'être point du tout naturaliste. Savoir, en histoire naturelle, c'est être capable de voir par soi-même. C'est par la pratique de l'observation et de l'expérience, par les travaux de laboratoire, et mieux encore par l'exploration directe de la nature, que l'on est ou que l'on devient naturaliste.

Il ne faudrait pas, cependant, confondre les sciences de la nature avec la nature elle-même. Les plus réelles de nos connaissances sont humaines et, par conséquent, en partie subjectives. L'observation et l'expérience fournissent les matériaux de la science; le raisonnement les met en œuvre. Les données des sens ne peuvent, à elles seules, constituer la moindre notion scientifique; elles ont besoin d'être triées, déterminées, échafaudées par le raisonnement. Celui-ci établit les rapports philosophiques de toutes les branches du savoir humain, classe les sciences, définissant l'objet propre de chacune d'elles, organisant leur méthode générale. Il engendre les classifications qui permettent au naturaliste de décrire les innombrables productions de la nature. Il intervient dans la constatation des faits pour interpréter les résultats bruts de l'observation et de l'expérience; il suscite les hypothèses qui servent de liens provisoires aux faits constatés.

Mais si le raisonnement a ses droits, que l'on ne saurait méconnaître, son emploi, en histoire naturelle, n'est pas sans dangers.

Il importe tout d'abord de ne pas prendre le moyen pour le but et

1. En publiant dans la *Revue internationale des sciences* l'article de M. VILLOT, nous croyons devoir faire nos réserves relativement à une partie des idées émises par l'auteur.
J.-L. L.

de ne pas réaliser de pures abstractions. Buffon, dans son admirable *Discours sur la manière d'étudier et de traiter l'histoire naturelle*, nous signalait déjà cet écueil. « C'est ici, dit-il, le point le plus délicat et le plus important de l'étude des sciences. Savoir bien distinguer ce qu'il y a de réel dans un sujet, de ce que nous y mettons d'arbitraire en le considérant, reconnaître clairement les propriétés qui lui appartiennent et celles que nous lui prêtons, me paraît être le fondement de la vraie méthode de conduire son esprit dans les sciences; et, si l'on ne perdait jamais de vue ce principe, on ne ferait pas une fausse démarche, on éviterait de tomber dans ces erreurs savantes qu'on reçoit souvent comme des vérités, on verrait disparaître les paradoxes et les questions insolubles des sciences abstraites, on reconnaîtrait les préjugés et les incertitudes que nous portons nous-mêmes dans les sciences réelles; on viendrait à s'entendre sur la métaphysique des sciences, on cesserait de disputer, et on se réunirait pour marcher dans la même route et à la suite de l'expérience, et arriver enfin à la connaissance de toutes les vérités qui sont du ressort de l'esprit humain. » Il y a, en effet, dans toute interprétation, toute hypothèse, toute classification, deux choses bien distinctes : la donnée expérimentale, indépendante de l'investigateur, qui, une fois démontrée exacte, reste immuable et définitivement incorporée à la science; et l'œuvre du raisonnement, qui n'exprime jamais que l'état de la science à un moment donné, qui dépend du point de vue auquel on se place, du nombre et de l'étendue des connaissances acquises.

Ce criticisme, toutefois, ne saurait aller jusqu'à l'indifférence. Parce que l'élément fourni par le raisonnement a toujours, en histoire naturelle, un caractère essentiellement subjectif, ce n'est pas à dire qu'il soit purement arbitraire et que l'on puisse l'abandonner à la fantaisie de chacun. Toute interprétation, toute classification, toute hypothèse, doit se trouver en harmonie avec les données de l'observation ou de l'expérience, et être immédiatement remplacée lorsqu'elle ne remplit plus cette condition nécessaire. Il ne s'agit point ici de réaliser l'irréalisable, d'atteindre la perfection, mais bien d'améliorer, de poursuivre un idéal qui fuit sans cesse. Se désintéresser en pareille matière serait, d'une part reconnaître son impuissance, et de l'autre méconnaître l'un des besoins les plus impérieux de la science. L'empirisme systématique a toujours été le rêve des esprits faibles ou fatigués. Le naturaliste, incessamment obligé de remanier ses idées pour les mettre d'accord avec les résultats de l'expérience, éprouve à de certains moments un véritable découragement, et cherche instinctivement, sous l'influence de la lassitude, une méthode qui le

préserve de nouvelles déceptions, un terrain solide sur lequel il puisse se reposer en toute sécurité. Il s'imagine alors atteindre son but en réduisant sa tâche à l'observation pure et simple des phénomènes; il ne veut plus faire autre chose que voir, expérimenter, disséquer et dessiner, croyant (bien à tort) se mettre ainsi à l'abri de toute cause d'erreur. Mais l'empirisme, pour le savant véritable, n'est qu'une halte. La défaillance passée, la raison de l'investigateur rentre en activité et édifie de nouveau, pour rebâtir encore. L'empirisme, érigé en principe, n'est, en réalité, que la négation de la science.

Toutes les formes du raisonnement sont permises pour établir une théorie, mais à une condition : c'est qu'elles resteront constamment soumises au contrôle de l'observation ou de l'expérience. L'essentiel est de ne pas franchir, en raisonnant, les limites de la méthode expérimentale. Toute induction, toute déduction, toute hypothèse dépasse nécessairement le niveau des résultats acquis; mais autre chose est de s'élever au-dessus des faits constatés, autre chose de sortir du domaine de l'observation et de l'expérience. Dans le premier cas, nous avons à faire à une proposition non vérifiée, mais que l'on soumettra, un jour ou l'autre, au contrôle de l'observation ou de l'expérience, seul critérium de la vérité positive. Dans le second cas, au contraire, nous nous trouvons en présence d'une proposition qui échappe à ce critérium et qui, par conséquent, n'aura jamais qu'une valeur subjective ou purement logique.

Certains esprits se révoltent à la seule pensée que l'on puisse mettre des entraves à la recherche scientifique. Si la science a des bornes, disent-ils, ses bornes se déplacent, se reculent sans cesse et ne marquent que les étapes successives du progrès. Le désir de savoir peut-il s'éteindre dans le cœur de l'homme? Les moyens de connaître pourront-ils jamais nous faire défaut? En mesurant de l'œil le chemin déjà parcouru depuis notre humble point de départ, ne sommes-nous pas autorisés à conclure qu'il n'est rien d'impossible à la raison humaine, aucune limite dans le champ de ses investigations? Mais, s'il est pour nous des problèmes insolubles, laissons à l'expérience le soin de nous les indiquer ; attendons, pour poser les bornes de la connaissance humaine, que la science soit arrivée au terme de son évolution.

Tout cela a été dit, répété bien des fois, et est encore considéré par beaucoup de savants comme une fin de non-recevoir parfaitement valable. — Eh bien, en dépit de cette argumentation spécieuse, la science positive a ses limites, fatales, absolues, qui s'imposent dès aujourd'hui à tout chercheur avec une autorité indiscutable et qui

doivent être respectées, si l'on ne veut perdre inutilement et son temps et sa peine.

Ces limites ne sont point inhérentes à nos pouvoirs logiques; nous les trouvons dans la nature même des objets qui s'offrent à nos investigations. La question est de savoir où se placent ces limites, à quel ordre de phénomènes elles s'appliquent. Or, pour préciser ce point, il est nécessaire d'envisager le problème dans toute son étendue et de passer en revue les diverses propriétés des corps.

L'observation et l'expérience nous montrent, dans l'ensemble des corps, dans chaque groupe de corps, dans chaque corps pris isolément, deux sortes de propriétés bien distinctes : des propriétés indépendantes de l'existence propre des corps, du temps et des lieux ; et des propriétés qui dépendent de l'existence propre des corps, du temps et des lieux. Les premières représentent les propriétés de la matière; les secondes, les propriétés proprement dites des corps.

Les propriétés de la matière sont de trois ordres : mathématiques, physiques et chimiques. Ces propriétés, étant indépendantes de l'existence propre des corps, peuvent être étudiées de deux manières bien différentes : en elles-mêmes, ou bien dans les corps, c'est-à-dire dans leurs rapports avec les propriétés proprement dites des corps. Considérées en elles-mêmes, les propriétés de la matière constituent l'objet de deux sciences fondamentales : la *Mathématique* et la *Physique générale*. La mathématique se divise en Calcul, Géométrie et Mécanique. La physique générale comprend la Physique et la Chimie. Considérées dans leurs rapports avec les propriétés proprement dites des corps, les propriétés de la matière constituent l'objet d'une science fondamentale : la *Physique particulière*. Celle-ci se divise en autant de branches qu'il existe de groupes principaux parmi les corps : elle est inorganique ou organique, céleste ou terrestre, végétale ou animale. La physique céleste, c'est l'Astronomie. La physique terrestre comprend la Physique du globe et la Météorologie, la Minéralogie et la Géologie théorique. Végétale ou animale, elle porte le nom de Physiologie.

Les propriétés proprement dites des corps sont relatives à leurs formes et à leurs conditions d'existence. L'étude de ces propriétés est l'objet de deux sciences fondamentales : l'*Histoire naturelle* et l'*Histoire proprement dite*. L'histoire naturelle se divise d'après les mêmes points de vue que la physique particulière. Elle est inorganique ou organique, céleste ou terrestre, végétale ou animale. L'histoire naturelle du ciel, c'est la Cosmologie. L'histoire naturelle de la terre comprend deux divisions : la Géographie physique et la Géologie pro-

prement dite. La Botanique est l'histoire naturelle des végétaux. La Zoologie, l'histoire naturelle des animaux, qui a pour premier chapitre l'histoire naturelle de l'homme (Anthropologie). L'histoire proprement dite est exclusivement relative à l'homme, qu'elle envisage dans les divers modes de son activité morale. Cette dernière science fondamentale n'est, à vrai dire, qu'une sorte d'appendice de l'Anthropologie, à laquelle elle se rattache étroitement, mais dont il a bien fallu la séparer en raison de la diversité de son objet.

Ces cinq sciences fondamentales (Mathématique, Physique générale, Physique particulière, Histoire naturelle, Histoire proprement dite), avec leurs nombreuses divisions et subdivisions, constituent le terrain des recherches positives. Si diverses qu'elles soient par leur objet, toutes ces sciences ont un but commun : constater l'existence des phénomènes et les rattacher les uns aux autres par un lien de causalité relative. Le savant positif ne veut entendre parler ni de pur esprit, ni de création proprement dite, ni de l'intervention d'une volonté directrice, ni des causes finales, ni du hasard; il pose en principe qu'il n'existe dans la nature que des phénomènes naturels, que des rapports constants entre ces phénomènes.

Il s'agit seulement de savoir dans quelle mesure le domaine de la réalité se trouve accessible aux deux instruments de toutes nos connaissances positives : l'observation et l'expérience. Autre chose est de poser un problème, autre chose de le résoudre. Il y a, en effet, comme on va le voir, des problèmes scientifiques, que l'on doit poser positivement et qui ne comportent aucune solution positive.

La *mathématique* est la plus abstraite des sciences. Les propriétés matérielles qui constituent son objet sont indépendantes de l'existence propre des corps, et elle les étudie dans des conditions idéales. Mais la mathématique, comme toutes les autres sciences positives, n'en est pas moins fondée sur la méthode expérimentale. Elle aussi, elle trouve son point de départ dans l'observation, ses preuves dans l'expérience; et, si le raisonnement y joue un rôle plus important qu'ailleurs, cela tient uniquement à la simplicité relative des phénomènes envisagés [1]. Immensité des recherches, suprême généralité des résultats, telles sont les conditions qui font de la mathématique le premier échelon de la série philosophique et le type le plus parfait de la science positive.

1. Sur la mathématique, considérée comme science expérimentale, voir les ouvrages suivants : — AMPÈRE, *Essai sur la philosophie des sciences*, 1re partie, p. 192. — COURNOT, *Essai sur les fondements de nos connaissances*, t. II, p. 229-230. — Chevreul, *Histoire des connaissances chimiques*, t. I, ch. II, p. 21-22, ch. IV, p. 214-218.

La *physique générale* a aussi pour objet des propriétés indépendantes de l'existence propre des corps, qu'elle étudie dans des conditions réelles, mais artificiellement déterminées. De là sa généralité relative, son caractère à la fois abstrait, réel et artificiel.

La matière du physicien et du chimiste n'est rien particulièrement; elle est ce qui se trouve au fond de tout objet particulier : elle est l'objet général. Elle n'est point l'idée générale de l'ensemble des corps; elle est quelque chose par elle-même, et ce quelque chose se distingue de tout le reste par son indestructibilité. La chimie nous apprend que les modifications que nous pouvons faire subir aux corps, relativement à leur substance, ne sont que des transformations, et que les combinaisons ou les dissociations moléculaires dont cette substance est susceptible s'accomplissent sans aucune perte; que cette substance est continuellement en circulation dans la nature et qu'elle ne fait que passer d'un corps dans un autre. Il en est de même des forces que nous fait connaître la physique; elles ne sont toutes que des transformations les unes des autres. Rien ne saurait les anéantir, et, lorsqu'elles se dérobent à nos yeux, c'est pour reparaître bientôt sous une autre forme; mais rien n'est consommé dans cette transformation : la qualité est changée, la quantité reste la même. La pesanteur, la chaleur, la lumière et l'électricité se transforment en mouvement; et ce dernier, à son tour, peut se transformer en chaleur, en lumière ou en électricité. Quant au mouvement lui-même, il naît toujours d'un autre mouvement. Ainsi la force est aussi indestructible que la substance.

Les propriétés physiques et chimiques, loin de supposer l'existence propre des corps, ne deviennent perceptibles que par la destruction des corps en tant qu'objets particuliers. Le physicien imagine d'abord un instrument qui lui permettra d'isoler les phénomènes qu'il se propose d'étudier et qu'il tâche de rendre aussi simples que possible; après avoir ainsi réduit le problème à ses conditions essentielles, il expérimente et obtient une formule d'une entière généralité. Le chimiste prépare ses produits. Une fois en possession d'éléments simples ou de composés parfaitement définis, il les combine à son gré, dans des vues purement théoriques, sans s'inquiéter si les substances qu'il obtient existent ou non dans la nature. La chimie, comme l'a très bien dit M. Berthelot [1], crée son objet. C'est pour cela que la physique et la chimie sont des sciences toutes d'expérience ; l'observation proprement dite y est impossible.

1. *Chimie organique fondée sur la synthèse,* t. II, p. 811.

La *physique particulière* a pour objet d'appliquer à tous les êtres naturels les lois générales qui régissent les propriétés de la matière. De là son caractère mixte. Elle est abstraite par son objet et sa méthode ; elle est concrète par les limites que lui impose la nature. Elle ne voit dans les phénomènes naturels que des problèmes de mécanique, de physique et de chimie, qu'elle résout par les méthodes propres à ces diverses sciences ; mais elle est obligée de tenir compte de toutes les données qui lui sont fournies par l'observation. Son but est l'explication mécanique du monde.

Les diverses parties de la physique particulière ne sont point aujourd'hui également avancées. L'astronomie, qui est une science toute d'observation et de calcul, a déjà réalisé son idéal. La physique terrestre, considérée dans ses diverses branches, a aussi depuis longtemps trouvé sa voie. La physique du globe, la météorologie, la minéralogie et la géologie théorique se subordonnent maintenant à la mathématique et à la physique générale et se soumettent sans difficulté aux méthodes de ces deux sciences fondamentales. Mais, pour que la physique particulière ait conquis la totalité de son domaine, il faut qu'elle passe des corps bruts aux corps organisés et constitue définitivement la physique organique.

La physiologie n'a pas toujours été ce qu'elle est aujourd'hui et deviendra de plus en plus étendue. Autrefois, le physiologiste ne se contentait pas d'expliquer les phénomènes vitaux, il prétendait remonter aux causes premières de la vie et de l'organisation. Ces causes, il les plaçait soit dans un principe immatériel et indépendant de l'organisation (âme, archée), soit dans un principe immatériel et attaché à l'organisation (principe vital), soit dans un principe matériel et inhérent à l'organisation (force vitale). Les phénomènes, il les attribuait au jeu des organes sous l'influence de l'âme, du principe vital ou de la force vitale, ou bien encore à des propriétés inhérentes aux tissus de l'être organisé (organicisme). La physiologie n'était alors qu'une organologie ou une histologie animées, et il n'y avait aucune raison pour qu'on la séparât de la botanique et de la zoologie, car elle avait pour objet, comme ces dernières, l'étude de propriétés de même ordre et de même nature, de propriétés propres aux êtres organisés, autonomes ou placées sous la dépendance du temps et des lieux. Le caractère dynamique et interne que présentait la physiologie la constituait bien comme branche spéciale de la botanique et de la zoologie ; mais il était impossible d'attribuer à ce caractère une valeur plus grande ; on ne pouvait isoler le point de vue statique du point de vue dynamique, l'étude de l'extérieur de l'étude de l'intérieur. A cette

époque, la physiologie n'était que la contre-partie de l'anatomie et le complément nécessaire de l'histoire naturelle proprement dite ; elle appartenait donc de droit à la botanique et à la zoologie. — Maintenant, il n'en est plus plus ainsi. Aujourd'hui, le physiologiste n'a plus besoin d'âme, de principe vital ou de force vitale, car il a renoncé à la recherche des causes premières de l'organisation et de la vie. Il n'admet même plus de propriétés vitales ; il ne voit dans les phénomènes vitaux que des propriétés mécaniques, des phénomènes physiques ou chimiques, déterminés par la nature. On comprend dès lors pourquoi la *nouvelle physiologie* veut se séparer de l'histoire naturelle organique. Ayant abandonné l'étude propre de l'organisation pour descendre jusqu'aux agents essentiels de la vie, aux propriétés dynamiques de la matière, elle se trouve avoir abandonné par cela même le terrain du naturaliste. Elle a passé de l'histoire naturelle à la physique particulière. Son objet n'en reste pas moins nettement défini. Elle emprunte tous ses éléments à la mathématique et à la physique générale ; mais elle les applique à son but, qui est l'explication mécanique de la vie. Le physiologiste, dans son domaine propre, n'accepte d'ailleurs d'autres limites que celles de la science positive ; et il revendique hautement l'étude des phénomènes psychologiques, en tant que ces phénomènes peuvent dépendre des propriétés générales de la matière. Il faut dont bien l'entendre, quand il nous dit : « La pensée n'est qu'une des formes du mouvement. » Il affirme, et avec toute raison, que les phénomènes intellectuels, comme tous les phénomènes de la nature, ont une source purement mécanique ; mais, d'une part, il ne veut parler que des conditions de la pensée, et, de l'autre, il reconnaît que ces conditions ne sont point exclusivement de l'ordre mécanique, physique ou chimique.

Un fait général ressort déjà de notre conception mécanique du monde : c'est que toutes les propriétés des corps ne sont pas de même genre : que les unes sont irréductibles ou essentielles, indépendantes de l'existence propre des corps, du temps et des lieux ; qu'il en est d'autres, au contraire, qui dépendent de l'existence propre des corps, du temps et des lieux. C'est un point sur lequel on ne saurait trop insister.

L'analyse et la synthèse chimiques nous montrent que les êtres naturels sont composés d'un petit nombre de substances élémentaires, que nous retrouvons chez tous, ou qui du moins sont toujours identiques à elles-mêmes dans tous les corps où nous les observons. Les principes immédiats des végétaux ou des animaux peuvent être ramenés, par une série de décompositions, aux mêmes substances

élémentaires qui ont déjà été obtenues par l'analyse des minéraux ; l'oxygène, l'hydrogène, le carbone provenant des plantes et des animaux ne diffèrent pas chimiquement de l'oxygène et de l'hydrogène qui constituent l'eau, du carbone qu'on trouve dans la nature à l'état de diamant. Les principes constituants de notre corps sont ceux des êtres organisés dont nous faisons notre nourriture, de l'air que nous respirons, de l'eau que nous buvons, du sol sur lequel nous marchons ; et cette identité de constitution intime, que nous reconnaissons entre la terre et les êtres organisées qui l'habitent, vient de s'étendre, grâce à l'analyse spectrale, à l'ensemble des corps célestes. Voici maintenant la synthèse chimique qui nous montre que les substances organiques peuvent être fabriquées de toutes pièces, à l'aide des substances élémentaires et des seules lois de l'affinité. Aujourd'hui, la nature inorganique ou organique des corps importe peu au chimiste, et la division de la chimie en chimie inorganique et chimie organique devient de plus en plus arbitraire. Il n'en faut plus douter, la matière est une, et, par conséquent, ni inorganique ni organique. Les corps organisés et les corps bruts sont composés des mêmes substances élémentaires ; et, chez les uns comme chez les autres, ces substances sont soumises aux mêmes lois, obéissent aux mêmes forces.

La généralité des propriétés dynamiques de la matière n'est pas moins évidente. La pesanteur, par exemple, qui est de toutes la mieux connue, se manifeste aussi bien sur les plus fines particules auxquelles nous puissions réduire une plante ou un animal que sur les masses énormes des astres. Pesanteur, chaleur, lumière, électricité sont des propriétés qui appartiennent à tous les corps. Prises en elles-mêmes, les forces qui animent l'être organisé ne diffèrent pas de celles qui agissent dans les corps bruts. Tous les phénomènes essentiels de la vie ne sont au fond que de véritables phénomènes mécaniques, physiques et chimiques, régis par des lois mécaniques, physiques et chimiques.

Le caractère abstrait de ces lois est également démontré. Les lois de l'affinité, de la pesanteur, de la chaleur, de la lumière et de l'électricité se vérifient sur tous les corps, quels qu'ils soient ; elles ne changent pas en changeant d'objet ; elles sont de tous les temps et de tous les lieux, comme les vérités mathématiques.

Si, faisant abstraction des propriétés générales de la matière, nous jetons maintenant un coup d'œil d'ensemble sur les propriétés propres aux différents corps, nous arrivons à une conclusion absolument inverse. La matière est une, soit que nous la considérions dans l'es-

pace, soit que nous l'envisagions dans le temps. La nature, au contraire, nous apparaît comme un véritable protée, toujours diverse, dans le temps comme dans l'espace. D'un côté, l'unité ; de l'autre, la diversité. Une même formule peut exprimer la composition de toutes les molécules de carbonate de chaux dans le présent, le passé et l'avenir ; et cependant ce carbonate de chaux a formé suivant les temps des dépôts bien différents et constitue encore à la surface du globe que nous habitons les accidents topographiques les plus variés. Il n'est point, comme on le sait, deux êtres organisés absolument semblables ; et sous l'identité apparente que nous présentent deux protoblastes, deux ovules, nous sommes obligés d'admettre des différences réelles, qui échappent encore à nos procédés d'investigation. Cette diversité n'est pas moins manifeste lorsque nous considérons l'être organisé dans ses rapports avec l'espace ou le temps. Chaque région du globe a sa faune et sa flore. Il y a, parmi les plantes et les animaux, des espèces vivantes et des espèces éteintes. Est-ce à dire que la nature soit abandonnée au hasard et qu'elle puisse se soustraire au principe de causalité, qui sert de base à toute recherche scientifique ? Nullement. Parce que les propriétés propres aux divers corps ne peuvent être expliquées mécaniquement, il ne s'ensuit point qu'elles soient inexplicables. Il existe aussi entre elles des rapports constants ; mais ce ne sont point des rapports abstraits, comme ceux qui régissent les propriétés générales de la matière : ce sont de simples rapports de coexistence ou de succession. Le grand principe de l'indestructibilité et de l'identité fondamentale des propriétés de la matière, qui sert de base à la physique générale et à la physique particulière, devient ici impuissant ; mais un autre principe d'explication, non moins fécond, surgit aussitôt : celui de l'évolution et des corrélations harmoniques.

Ce serait donc une grave erreur de croire que l'explication mécanique du monde puisse embrasser la totalité des phénomènes naturels qui s'offrent à nos investigations. Après avoir appliqué aux corps bruts et aux corps organisés les lois de la mécanique, de la physique et de la chimie, on a encore devant soi tout un ordre de propriétés et de phénomènes dont il s'agit de trouver les rapports concrets de succession ou de coexistence. Ce sont les propriétés relatives à la forme des êtres naturels et à leurs conditions d'existence, propriétés qui sont autonomes ou qui dépendent du temps et des lieux.

L'*histoire naturelle* a précisément pour objet et raison d'être de combler le vide que la physique particulière laisse dans l'explication

du monde. Cette quatrième science fondamentale est essentiellement concrète, descriptive et historique, et par cela même renfermée dans d'étroites limites. Le naturaliste ne peut saisir dans l'espace que ce qui est à la portée de ses sens ou de sa main, et dans le temps que ce qui est compris dans les limites des observations faites ou à faire. Son domaine est nettement circonscrit par le présent ; mais dans le présent se trouvent compris les restes du passé et les germes de l'avenir. Le caractère *historique* des diverses branches de l'histoire naturelle n'est nullement contesté ; il s'agit seulement, là comme ailleurs, de déterminer les limites de la science positive.

Ce que nous pouvons savoir positivement de l'histoire du ciel se réduit en définitive à la description des changements qui se manifestent actuellement dans les astres que nous pouvons observer et de leur mode de distribution dans l'espace. Ce que nous pouvons savoir positivement de l'histoire de la terre est exclusivement relatif à sa configuration actuelle, aux phénomènes géologiques de l'époque moderne et à la structure de l'écorce terrestre. Les classifications géologiques de la science positive n'ont, quoi qu'on en ait dit, aucun rapport avec les hypothèses géogéniques ou cosmogoniques, qui les déparent trop souvent. On a bien des fois comparé l'écorce terrestre à un livre très incomplet, où se trouverait écrit, en une langue perdue, le passé de notre planète. La comparaison est heureuse ; mais le géologue positif n'a nullement la prétention de lire et de comprendre ce livre ; il se borne à en décrire et à en numéroter les feuillets.

Les êtres organisés doivent être envisagés par le naturaliste de deux manières bien différentes : en eux-mêmes et dans leurs rapports avec le milieu ambiant. Considérés en eux-mêmes, ils peuvent être étudiés au point de vue statique ou au point de vue dynamique, c'est-à-dire dans leurs formes ou dans leurs conditions d'existence. Le premier point de vue est celui de la morphologie; le second, celui de l'éthologie. Considérés dans leurs rapports avec le milieu ambiant, les êtres organisés constituent l'objet de la géonémie, qui comprend la géographie botanique et la géographie zoologique. Quant au point de vue évolutif, il ne constitue pas une branche spéciale de la zoologie et de la botanique, mais bien la véritable méthode de la morphologie et de l'éthologie, aussi bien que de la géonémie des plantes et des animaux. La morphogénie doit servir de base à la morphologie et à l'éthologie; la géonémie, se subordonner à la paléontologie. La botanique et la zoologie, ainsi constituées, conformément au principe de l'évolution, sont certainement des sciences historiques. Faut-il pour cela les retrancher du domaine de la science positive et les aban-

donner aux fantaisies de la méthode subjective? Non ; mieux vaut les restreindre dans de justes limites et les soumettre, comme toutes les autres sciences, au critérium de la méthode expérimentale. La morphologie positive comprendra l'étude des formes actuellement vivantes et de tout ce que la fossilisation a pu conserver chez les formes éteintes. L'éthologie sera nécessairement limitée à l'étude des végétaux ou des animaux actuellement vivants. En géonémie, nous nous bornerons à constater la distribution des formes vivantes à la surface du globe et des formes éteintes dans les diverses couches qui constituent l'écorce terrestre.

En restreignant ainsi l'histoire naturelle organique à ce que nous pouvons savoir positivement, nous nous gardons bien d'en exclure l'une de ses parties les plus intéressantes, l'étude de la pensée, de l'intelligence et des instincts de l'homme et des animaux, considérés dans leurs conditions morphologiques et éthologiques. A la psychologie mécanique de la physique particulière, il faut maintenant ajouter une psychologie anatomique et éthologique. Cette nouvelle psychologie pose en principe que toutes les manifestations de l'instinct et de l'intelligence ont leurs conditions anatomiques, que l'on doit envisager à tous les degrés de complication que présente l'organisation animale, depuis la cellule la plus simple jusqu'au cerveau humain le mieux organisé; elle suit le développement de la vie psychique dans toute la série zoologique, depuis l'amibe jusqu'à l'homme, chez l'enfant aussi bien que chez les diverses races humaines, à l'état de santé comme à l'état de maladie; et elle démontre expérimentalement qu'il n'y a entre les uns et les autres qu'une différence de degré, qui nous permet de passer sans interruption des êtres inconscients aux êtres conscients.

Mais l'histoire naturelle envisage l'homme à d'autres points de vue. Elle doit lui assigner une place dans la classe des Mammifères, distinguer ses diverses races, étudier l'ensemble de son développement morphologique et éthologique, son mode de distribution à la surface du globe et les débris de toute sorte qu'il a laissés dans les divers terrains.

Nous arrivons ainsi, dans notre revue critique, à la cinquième et dernière science fondamentale, à l'*histoire proprement dite*. Celle-ci repose sur l'observation des manuscrits, des livres, des médailles et des monuments que le temps a respectés, et y trouve les éléments d'une preuve objective, expérimentale; mais elle y trouve aussi ses limites nécessaires. Il s'en faut, malheureusement, que ces limites soient aujourd'hui respectées. Il est facile de voir, au contraire, que

l'on confond encore deux choses bien distinctes : le phénomène avec l'étude du phénomène; les divers modes de l'activité morale de l'homme avec l'étude scientifique de ces divers modes d'activité. C'est ainsi que l'on réunit aujourd'hui, sous le nom de *sciences morales*, non seulement les diverses branches de l'histoire proprement dite, mais encore les arts et métiers, la politique, la morale, l'esthétique, la métaphysique et la logique, qui ne méritent à aucun titre le nom de science. La science positive doit évidemment comprendre l'ensemble des divers modes de l'activité morale de l'homme; mais elle ne peut les envisager qu'à son propre point de vue. Ce principe a une grande importance pour la méthode expérimentale, car il nous explique comment des notions subjectives peuvent devenir un objet de recherches scientifiques. La métaphysique, par exemple, n'est pas une science, car elle ne porte que sur des abstractions; mais l'étude des divers systèmes de métaphysique que l'imagination de l'homme a enfantés constitue une des branches de la science positive; car elle a pour base un phénomène moral très réel, la recherche de l'absolu par l'homme, des matériaux d'étude qui tombent sous les sens, les livres où ces systèmes se trouvent exposés, c'est-à-dire des éléments de certitude et de vérification expérimentales aussi rigoureux que ceux que l'on peut trouver dans une science physique ou naturelle. La science positive, après avoir envisagé l'homme dans son évolution industrielle, politique, morale et esthétique, se replie sur elle-même et constitue sa propre histoire. Enfin, elle aborde le domaine du subjectif et passe à l'histoire de la métaphysique et de la logique, complétant ainsi l'étude de l'esprit humain et le système de toutes nos connaissances expérimentales.

Les limites de l'histoire naturelle positive sont méconnues par certaines doctrines que j'ai déjà combattues et que je combattrai toujours à ce point de vue, bien que, à d'autres égards, je leur reconnaisse un fond de vérité et une heureuse influence sur le développement de l'esprit humain. L'histoire naturelle, il faut bien l'avouer, n'est aujourd'hui rien moins que positive. L'anthropomorphisme, avec les causes finales, la cosmogonie de Moïse et la légende adamique, règne encore dans les écrits et dans les esprits de la majorité des naturalistes. Or il est certain que tout cela est antiscientifique, en contradiction manifeste avec la méthode positive, en opposition directe avec le progrès de la science. Aussi applaudissons-nous de grand cœur aux efforts des libres penseurs qui consacrent leurs talents et leurs veilles à extirper toutes ces mauvaises herbes du domaine de la science. — Oui, sans doute, il existe des liens étiologiques, naturels,

qui rattachent les propriétés particulières des corps aux propriétés générales de la matière, l'évolution de la terre à celle des autres astres, celle des êtres organisés à celle de la terre, celle des plantes à celle des animaux, celle de l'homme à celle des autres animaux. Si les évolutionistes de nos jours se bornaient à affirmer la généralité du principe de causalité, comme base de la méthode scientifique, je serais des leurs. Mais, malheureusement, ils ne se contentent pas de poser le problème, ils prétendent le résoudre; et c'est le pouvoir que je leur conteste dans les limites de la science positive.

La doctrine de l'évolution est une hypothèse cosmogonique, qui explique l'origine des corps bruts aussi bien que celle des corps organisés. L'existence de la matière cosmique étant admise comme nécessaire, l'évolutioniste nous montre la terre passant de l'état de masse gazéiforme à celui de nébuleuse, puis à l'état de soleil ou de masse incandescente. Par suite du refroidissement, l'astre incandescent s'entoure d'une atmosphère, qui finit par se condenser à la surface du globe terrestre pour constituer l'Océan, et celui-ci forme aussitôt les premières couches des terrains stratifiés. Alors, mais seulement alors, apparaît la vie sous ses différentes formes. Sur ce point, tous les évolutionistes ne sont pas d'accord. Les uns, à l'exemple de Helmholtz, pensent que les premiers êtres organisés qui ont habité la terre provenaient d'autres corps célestes, et qu'ils sont arrivés sur notre planète par l'entremise de quelque météore. D'autres, avec Wagner, admettent que la vie se trouvait à l'état d'organismes simples dans le nuage cosmique d'où sont dérivés, par voie de condensation, le soleil et les planètes. Quelques-uns, tels que Preyer et Fechner, croient que la forme organique représente l'état primitif de la matière, et que les masses inorganiques en sont sorties par voie de séparation. Mais l'opinion du plus grand nombre est que les premiers êtres organisés, à l'état de simples cellules, sont nés par génération spontanée au sein des mers, absolument comme les cristaux salins naissent dans les eaux mères. Ces formes primitives, obligées de s'adapter aux conditions d'existence que la terre leur offrait successivement, ont suivi cette dernière dans son évolution, et subi, à chaque époque géologique, des modifications correspondantes (E. Geoffroy Saint-Hilaire, Weismann). Les terres et les mers, en se déplaçant sans cesse, imposèrent aux végétaux et aux animaux des migrations nécessaires, et celles-ci, en changeant leurs conditions d'existence, leur faisaient acquérir de nouveaux caractères (Wagner). Les organes utiles se développaient par l'usage; ceux, au contraire, qui étaient devenus inutiles, s'atrophiaient (Lamarck, Dohrn). Tant que les conditions du

milieu ambiant restaient les mêmes, les formes acquises n'avaient aucune raison pour se modifier, et l'hérédité venait se joindre à la sélection naturelle pour assurer leur reproduction (Wallace, Darwin (1).) Certains évolutionistes ont reconnu dans ces derniers temps l'insuffisance des causes extérieures de variations, pour expliquer la prodigieuse variété des formes organiques et la gradation que l'on remarque dans la complication relative de leur structure. Aussi proposent-ils maintenant d'attribuer la majeure partie de l'évolution des êtres organisés à des causes inhérentes à l'organisation. Selon Kölliker, Heer, Baumgärtner, Braun, il faudrait y voir quelque chose d'analogue aux phénomènes d'épigenèse que l'on observe dans le développement embryonnaire, les métamorphoses et les générations alternantes. Pour Nägeli et Askenasy, il suffirait d'admettre dans l'organisation une simple tendance au perfectionnement. Mais les transformistes ne se contentent pas d'indiquer les voies que le monde organique a dû suivre pour se diversifier à l'infini; ils prétendent reconstituer la généalogie de toutes les formes végétales ou animales. Posant en principe que les métamorphoses embryogéniques ne sont que la récapitulation des modifications morphologiques que les végétaux et les animaux ont successivement subies pendant les périodes géologiques, Hæckel nous retrace dans une série d'arbres généalogiques tout le passé du monde organique. C'est ainsi que le savant naturaliste d'Iéna nous explique l'origine non seulement de l'homme, mais encore de tous les autres êtres organisés, à l'aide de formes hypothétiques, qu'il tire de son imagination.

L'hypothèse de l'évolution a certainement, au point de vue scientifique, un immense avantage sur celle de la création : elle repose sur le principe de causalité et ne fait aucun appel au surnaturel. *A priori*, elle ne présente rien que le savant ne puisse accepter, rien non plus qui rende son acceptation nécessaire. En effet, pour être définitivement admise dans le domaine de la science, il ne suffit pas qu'une hypothèse soit acceptable, il faut encore qu'elle ait été vérifiée, soumise à l'épreuve décisive du contrôle expérimental. Or celui-ci peut être réalisé soit par la synthèse expérimentale, soit par l'observation directe. Nous avons donc à examiner jusqu'à quel point ces deux sortes de preuves positives s'appliquent aux problèmes que résout la doctrine de l'évolution.

Et d'abord les astres, y compris celui que nous habitons, se trou-

1. Ainsi qu'on le verra plus loin, ce rôle est le seul que la sélection naturelle puisse jouer dans la doctrine de l'évolution.

vent, par leur masse, leur éloignement ou leur étendue, parfaitement à l'abri de toute tentative de synthèse expérimentale. Nous n'essayerons jamais de faire avec de la matière cosmique une planète, un soleil, une comète, ni même la moindre nébuleuse, pour voir comment ces corps se développent. D'autre part, ce que l'observation peut nous apprendre en ce genre se réduit à fort peu de chose, eu égard au laps de temps énorme, incalculable, qu'il serait nécessaire de lui consacrer. Les changements dont nous pouvons être les témoins, qu'il s'agisse du ciel ou de la terre, seront toujours insignifiants, par rapport à l'évolution totale de l'astre envisagé, aussi loin que nous puissions nous porter par la pensée dans l'avenir de l'espèce humaine. Mais le passé, alors même qu'on supposerait l'avenir illimité, nous échapperait tout entier. Obstacles matériels, que tous les perfectionnements dont nos instruments d'observation sont encore susceptibles ne surmonteront jamais. Nos successeurs pourront sans doute, beaucoup mieux que nous, suivre avec leurs télescopes les modifications superficielles des corps célestes, comparer, à ce point de vue, des astres parvenus à des degrés divers de développement ; mais il leur sera toujours impossible de reconstituer l'histoire complète de l'un d'eux autrement que par la voie d'analogie, qui ne donne, il est à peine besoin de le faire remarquer, que la probabilité subjective. Les divers agents qui, dans la période actuelle, préparent l'avenir de l'écorce terrestre, nous sont déjà en partie connus ; et peut-être un jour le géologue possédera-t-il assez d'observations pour mesurer, dans une certaine limite, l'étendue et la puissance de leurs effets. Mais, ici encore, il ne peut être question que de l'observation de l'avenir. Transporter le présent dans le passé, ainsi que se le permet souvent le géologue moderne, vaut sans doute beaucoup mieux que de recourir purement et simplement à son imagination ; mais c'est une méthode qui, évidemment, ne peut donner la certitude objective, mais seulement des résultats plus ou moins probables, selon que l'on redescend plus ou moins dans le passé de notre planète.

Les mêmes restrictions, les mêmes impossibilités, imposées par le temps, se présentent encore si l'on se propose de contrôler par l'observation et l'expérience les hypothèses concernant l'apparition et le développement de la vie à la surface du globe. L'origine des êtres organisés qui ont précédé l'homme, celle de l'homme même, échappe et échappera toujours à l'observation aussi bien qu'à l'expérience, puisqu'il s'agit de phénomènes appartenant au passé. La question est seulement de savoir si, dans les conditions actuelles,

nous pouvons assister à la formation de *nouvelles formes organiques*. Question qui se dédouble aussitôt, car ces organismes nouveaux peuvent provenir soit de l'organisation directe de la matière, soit d'une simple modification des êtres actuellement vivants. Et l'un et l'autre cas doivent être envisagés sous le double point de vue de l'observation directe et de la synthèse expérimentale.

C'est un fait bien constaté, que l'observation directe ne nous a révélé jusqu'ici aucun cas de génération spontanée. Il y a, il est vrai, des êtres organisés dont nous ignorons encore le mode de développement; mais nous pouvons affirmer que tous ceux dont nous connaissons l'histoire procèdent toujours les uns des autres. La fixité des formes organiques qui existent dans la nature actuelle est admise par tous les naturalistes comme base nécessaire de leur description; elle nous est attestée, démontrée par les livres des premiers observateurs, par les représentations de l'art antique, les momies et les plus anciennes collections d'histoire naturelle, c'est-à-dire dans la limite des observations dont nous avons conservé le souvenir. Cela ne prouve nullement l'impossibilité de l'évolution; celle-ci est admise et hors de discussion; cela prouve seulement que le mode de cette évolution échappe, même pour le présent, à l'observation directe. On nous objectera peut-être qu'il n'existe point dans le monde organique deux individus parfaitement semblables, qu'il est des groupes où les distinctions spécifiques, et même génériques, sont presque impossibles; que des espèces, des genres, des familles, des ordres même, présentent un mélange de caractères empruntés à des formes bien différentes. Tout cela ne prouve qu'une chose : c'est que nos divisions taxonomiques, depuis la première jusqu'à la dernière, n'ont qu'une valeur purement subjective. Le lien morphologique est constaté, mais non le lien étiologique, et ce dernier est le seul qui soit en question. Il ne faudrait pas non plus prendre à la lettre ces expressions de « variété locale », de « race climatique ou géographique », d' « hybrides naturels », que l'on trouve quelquefois dans nos inventaires méthodiques; car, en réalité, elles ne s'appliquent qu'à des *formes difficiles à distinguer ou dont l'habitat est très restreint.* Des unions illicites peuvent sans doute avoir lieu dans la nature, et le fait est que des individus adultes appartenant à deux espèces bien différentes ont été plus d'une fois surpris en flagrant délit de ce genre; mais les produits de ces unions, personne ne les a vus, personne ne peut nous dire s'ils ont été féconds, s'ils se sont reproduits à leur tour. Nous convenons aussi que d'autres individus puissent, par suite de perturbations du milieu ambiant, être transportés fort loin

de leur habitat normal; mais nous ignorons complètement s'ils ont pu s'y maintenir, s'y reproduire, s'ils y ont conservé leurs caractères d'origine ou s'ils s'y sont modifiés. Sur tous ces points, l'observation directe reste et restera toujours muette.

Les expériences faites jusqu'ici pour vérifier l'hypothèse des générations spontanées n'ont aucun caractère scientifique. Toute synthèse expérimentale suppose que l'on a préalablement déterminé par l'analyse les conditions du phénomène dont on se propose de provoquer artificiellement la manifestation ; elle suppose aussi une opération méthodique, respectant scrupuleusement l'ordre et la hiérarchie de chaque condition. Il s'agit ici de réaliser, par l'expérience, une série de synthèses subordonnées les unes aux autres et de plus en plus complexes : de passer successivement des substances élémentaires, considérées jusqu'ici comme irréductibles, aux composés binaires, des composés binaires aux composés ternaires, des composés ternaires aux composés quaternaires, de ceux-ci à l'élément essentiel de la cellule, au protoplasma. Alors, mais seulement alors, il pourrait être question, pour l'expérimentateur, de former de toute pièce des Microphytes ou des Microzoaires. Or, de toutes ces conditions, dont les hétérogénistes méconnaissent la nécessité, les unes sont irréalisables, les autres non encore réalisées. Les conditions réalisables sont celles qui dépendent uniquement de l'affinité ; et le chimiste, comme on le sait, n'a point encore conquis les substances azotées qui entrent dans la composition du protoplasma. Mais, cette condition une fois remplie, il resterait à réaliser les conditions irréalisables, celles qui dépendent du temps et des lieux. L'expérimentateur, déjà maître des composés azotés, se trouvera en face de cette alternative : opérer dans le milieu naturel, c'est-à-dire dans les conditions propres à l'organisation de la matière ; ou bien opérer dans un milieu artificiel, c'est-à-dire dans des conditions aussi impropres à entretenir la vie qu'à la faire apparaître. S'il réussit, en opérant dans le milieu naturel, on lui objectera qu'il ne s'est point mis à l'abri des causes d'erreur provenant de la dissémination des germes, végétaux ou animaux. S'il échoue, en opérant dans le milieu artificiel, c'est-à-dire dans des conditions chimiques rigoureusement déterminées, on lui objectera qu'il s'est placé de lui-même dans des conditions incompatibles avec l'organisation et la vie. Impossible d'échapper à ce dilemme. Les expériences faites par les hétérogénistes et par leurs adversaires ont prouvé deux choses : la première, c'est qu'il existe dans l'atmosphère une quantité prodigieuse d'êtres organisés microscopiques ; la seconde, c'est que ces organismes

inférieurs résistent beaucoup mieux et plus longtemps que les organismes supérieurs aux causes générales de destruction, mais qu'ils ne sont point indestructibles. Tout cela, remarquons-le, n'a rien à voir avec l'hypothèse des générations spontanées; la question reste entière, non seulement en ce qui concerne le passé, mais encore pour le présent. Nous venons de poser scientifiquement le problème, et nous avons reconnu tout aussitôt qu'il ne comporte aucune solution positive.

Les innombrables races d'animaux domestiques et de plantes cultivées que nous possédons déjà sont autant de preuves expérimentales de l'influence modificatrice que l'homme peut exercer sur la forme des êtres organisés. Ce pouvoir modificateur, que l'homme exerce aussi sur la morphologie du sol qu'il habite, n'a rien en soi de bien mystérieux. Là comme ailleurs, il se borne à donner aux phénomènes naturels telle direction qu'il juge avantageuse, en leur imposant des conditions nouvelles, rationnellement déterminées. Ces diverses conditions sont énumérées et savamment discutées dans les deux beaux volumes que Darwin a publiés sur les *Variations des animaux et des plantes sous l'influence de la domestication.* Ces faits ont été parfaitement éclaircis par l'éminent naturaliste anglais, et ils sont aujourd'hui trop connus pour qu'il soit nécessaire de les exposer de nouveau. La question qui se pose est celle de savoir si les résultats de ces expériences technologiques ont une valeur objective en dehors des conditions toutes spéciales dans lesquelles elles se trouvent réalisées. Darwin répond affirmativement; mais l'observation et l'expérience lui donnent tort. L'homme, sans doute, n'a inventé ni les anomalies de développement, ni le pouvoir modificateur de l'hybridation et des changements de milieu; mais il n'en est pas moins vrai qu'il provoque de son fait la manifestation de ces divers phénomènes, qu'il les dirige selon ses desseins et qu'il leur fait produire des résultats qui, en dehors de son influence, auraient été précisément inverses.

L'horticulteur recherche les monstruosités, et fait tout ce qu'il peut pour les faire naître. Quand il voit apparaître dans un semis quelque individu présentant une anomalie de forme ou de couleur, il est au comble de ses vœux et fait tous ses efforts pour l'amener à fructifier et à mûrir ses graines ; et, quand il ne peut y parvenir, il tâche de le multiplier par greffe ou par bouture. C'est ainsi qu'ont été obtenues les plantes à fleurs doubles ou à feuillage varié qui ornent nos parterres. Ce sont des procédés analogues qui nous ont donné des lapins à longues oreilles ou à oreilles inégales, les chiens

bassets à jambes droites ou torses, les chiens sans queue, le mouton loutre de l'Amérique du Nord, le porc solipède, le bœuf dogue ou niata de l'Amérique du Sud, le canard à bec courbe, etc. Il a fallu que l'homme assurât la vie à tous ces êtres disgraciés de la nature, qu'il préparât la nourriture de ceux qui étaient incapables de se la procurer eux-mêmes, qu'il mît à l'abri des poursuites de leurs ennemis ceux qui ne pouvaient ni fuir ni résister.

Dans le métissage et l'hybridation nous reconnaissons aussi la main et la raison de l'homme. La captivité et la domestication, en réunissant les races et les espèces voisines, favorisent singulièrement les unions illicites. De là tous ces hybrides, tous ces métis qui peuplent nos volières, nos basses-cours, nos parcs et nos rues. La nature du mélange ne dépend le plus souvent que des circonstances et des affinités naturelles, mais souvent aussi elle résulte des calculs intéressés de l'homme. Par le croisement, nous réunissons des qualités qui appartiennent à des espèces ou à des races différentes, nous développons les propriétés utiles, nous amoindrissons les propriétés nuisibles, nous tempérons les unes par les autres. D'ailleurs on ne réussit point sans peine. Que d'artifice ne faut-il pas employer pour unir le cheval à l'ânesse, l'âne à l'hémione, le bison à la vache, le bouc à la brebis, la chèvre au bouquetin, le chacal à la chienne, le chien à la louve, le lièvre à la lapine ou le lapin à la hase ! Que de soins ne faut-il pas pour maintenir la pureté de la race métisse ou hybride, pour empêcher les phénomènes dits de retour, ou même simplement pour obtenir des produits féconds ! La fécondité, quand elle existe, est toujours diminuée ; la stérilité arrive avant l'âge ; le plus souvent, les produits deviennent inféconds au bout d'un petit nombre de générations et retournent à la souche paternelle ou maternelle : tout est alors à recommencer. Tel est le cas des chabins et des léporides, dont on a tant parlé dans ces derniers temps. Celui des mulets est encore plus instructif : pour en avoir, on est obligé de recourir constamment au croisement des deux espèces souches.

L'action modificatrice du milieu s'exerce aussi sous notre influence. L'homme a créé et entretient journellement le sol généreux qui a transformé la racine du *Daucus carota*, la racine, les feuilles, les fleurs et les graines du chou sauvage, le pétiole du *Cinara cardunculus*, le réceptacle de l'artichaut, le fruit acerbe du pommier et du poirier sauvages. C'est encore l'homme qui, à l'aide d'une alimentation exagérée et d'une nature toute spéciale, a développé chez l'oie, le canard, la poule, le pigeon, le bœuf et le mouton, cette aptitude à l'engraissement qui rend leur chair plus délicate. Par ses voyages et

ses relations commerciales, l'homme a renversé les barrières naturelles qui séparaient les faunes et les flores. Il est allé chercher au delà des mers les animaux et les plantes dont il pouvait retirer quelques services ; il les a acclimatés, cultivés ou domestiqués ; et, comme compensation, il a laissé dans ces pays lointains les espèces utiles qu'il possédait déjà. Ces migrations et ces échanges ont eu pour résultat de modifier les caractères d'un grand nombre de types de plantes ou d'animaux; mais toutes ces métamorphoses ne prouvent qu'une chose, le rôle disséminateur que l'homme joue dans la nature.

L'intervention de l'homme n'est pas moins évidente dans le pouvoir modificateur qu'on a attribué à la sélection. On le sait, sans la sélection, impossible de s'élever au-dessus de la variation individuelle. Il faut que les individus modifiés ne puissent se mêler aux individus non modifiés, et que les individus semblablement modifiés s'unissent entre eux. Or existe-t-il, dans la nature, quelque chose de comparable à la sélection artificielle? Cet équivalent, Darwin croit l'avoir trouvé dans le pouvoir sélectif de la lutte pour l'existence. A chaque être organisé se rattachent certaines conditions de milieu, inorganiques et organiques, qui sont pour cet être des conditions mêmes d'existence; mais tous les individus appartenant à la même espèce ne sont pas également doués sous ce rapport : il y en a de forts, il y en a de faibles. De là la lutte pour la vie, lutte contre les agents physiques, lutte entre espèces différentes, lutte entre les individus d'une même espèce, lutte dans laquelle les plus forts l'emportent sur les plus faibles, qui, d'une manière ou d'une autre, finissent toujours par être éliminés. Or supposons que les conditions d'existence de l'espèce viennent à changer, et qu'il existe chez certains individus quelque particularité de forme ou d'aptitude en rapport avec la modification du milieu; qu'arrivera-t-il? Il arrivera que les individus présentant cette particularité de forme ou d'aptitude auront immédiatement une grande supériorité sur tous les autres dans la lutte pour l'existence, qu'ils deviendront les plus forts et élimineront peu à peu tous les autres; qu'ils se reproduiront entre eux, se transmettront leurs caractères propres et constitueront de la sorte une nouvelle espèce. N'est-ce pas d'une manière analogue, continue Darwin, que les choses se passent dans les phénomènes de sélection artificielle? Le point de départ est le même; il s'agit toujours de variations individuelles à fixer par l'hérédité. Le but, dans un cas, est l'adaptation de l'espèce avec le milieu où elle est appelée à vivre; dans l'autre, la satisfaction des besoins de l'homme. Le moyen consiste, d'une part dans l'action

inconsciente de la nature, de l'autre dans l'action raisonnée de l'éleveur ou de l'horticulteur. Il y a donc parité complète, et rien n'empêche d'accorder à la nature un pouvoir égal à celui de l'homme. Eh bien, non, répondrons-nous. La concordance du point de départ avec le but est, il est vrai, très problématique dans l'un et l'autre cas; mais il est certain que les intérêts mis en jeu ne sont point les mêmes. D'une part, il s'agit d'un peu plus ou d'un peu moins de bien-être pour l'homme; de l'autre, il s'agit de l'existence même des êtres organisés. On conçoit que l'homme puisse attendre les conditions favorables pour réaliser tel ou tel de ses désirs; mais il est impossible d'admettre que l'évolution des êtres organisés puisse dépendre de circonstances accidentelles. L'exception ne saurait être la règle.

Le pouvoir sélectif de la lutte pour la vie est très réel; mais, loin d'être une cause de variation pour les formes organiques, il tend constamment à l'uniformité des individus et à la perpétuation des formes. La sélection naturelle a pour résultat de maintenir l'harmonie dans la nature, en empêchant chaque forme de se développer outre mesure, et de conserver ses caractères propres, en écartant de la reproduction tout ce qui pourrait y introduire des causes de variations. Pour lui donner une autre signification, il faut faire des suppositions que rien ne justifie et admettre des interventions d'une volonté directrice et toute-puissante, qui aurait en ses mains les destinées de l'homme et de tous les autres êtres organisés. Or une pareille intervention se trouve en opposition directe avec le principe de causalité, qui sert de base à la méthode scientifique. Nous la rejetons absolument. La sélection artificielle, avec son caractère exceptionnel, se passe très bien de cette intervention providentielle; mais il est bien évident qu'elle ne peut s'appliquer ni aux êtres qui vivent en dehors de l'influence de l'homme, ni à ceux qui l'ont précédé dans les temps géologiques.

L'impossibilité de soumettre la doctrine de l'évolution au contrôle expérimental est d'ailleurs reconnue par les évolutionistes. « Il ne se peut rien imaginer de plus absurde et qui laisse paraître plus manifestement qu'on ignore la nature même de notre théorie de la descendance, dit Hæckel, que de demander qu'on la fonde d'une manière empirique sur l'expérience. » Quelles preuves les évolutionistes invoquent-ils donc? De soi-disant « preuves inductives ». Ne pouvant s'élever, par l'observation et l'expérience, des faits constatés à la théorie, ils prétendent redescendre, par le raisonnement, de la théorie aux faits constatés, expliquer ces derniers et démontrer leur concordance logique. Or une pareille opération est, en réalité, une véritable

déduction. Mais, que la théorie repose sur l'induction ou la déduction, qu'elle explique ou n'explique pas certains faits, qu'elle dépasse même les limites de toute connaissance humaine, cela ne change en rien la nature de la preuve invoquée, qui est nécessairement subjective ou purement logique [1]. Je ne fais pas cette remarque pour les philosophes de la nature, qui, de leur propre aveu, se placent sur le terrain de la preuve logique. Ma critique s'adresse à certains partisans de la méthode expérimentale, qui discutent par le raisonnement les preuves des évolutionistes, alors que leur propre méthode n'admet d'autres preuves que celles de l'observation ou de l'expérience. Rien n'est plus fréquent, en effet, chez les naturalistes qui nous parlent le plus souvent de la méthode expérimentale, qui se placent sous son patronage et se prévalent de son autorité, que l'ignorance des principes fondamentaux de la méthode qu'ils préconisent.

Le débat soulevé par la doctrine de l'évolution est, comme je l'ai toujours dit et ne cesserai de le répéter, une question de méthode, de discipline scientifique. Le savant, pour arriver à son but, a deux écueils à éviter : l'*empirisme* et l'*idéalisme*. Inutile de revenir sur l'impuissance de l'empirisme. Tout savant véritable reconnaît l'insuffisance de l'analyse et des données des sens, la nécessité du raisonnement et de la synthèse. Mais, cet accord établi, il s'en faut de beaucoup que toutes les causes de divergences soient éliminées. Il reste à savoir si l'on doit subordonner l'observation et l'expérience au raisonnement, ou bien le raisonnement à l'observation et à l'expérience, et quel rôle chacun de ces éléments nécessaires de toutes nos connaissances a joué, soit dans l'analyse, soit dans la synthèse. Or il existe, parmi les savants, deux écoles adverses. L'une subordonne toujours l'observation et l'expérience au raisonnement; l'autre subordonne toujours le raisonnement à l'observation et à l'expérience. L'une veut une analyse toute d'observation et d'expérience, une synthèse toute de raisonnement; l'autre veut que l'observation ou l'expérience interviennent, aussi bien que le raisonnement, soit dans l'analyse, soit dans la synthèse. Le point de vue des uns est celui de la *méthode subjective*, inductive et déductive; le point de vue des autres est celui de la *méthode objective*, dite aussi expérimentale, parce qu'elle n'admet le raisonnement qu'à titre provisoire et n'accepte d'autres preuves que celles de l'observation ou de l'expérience.

Les principes de la méthode expérimentale ont été si souvent et si

1. Le professeur A. Wigand a parfaitement réfuté, au point de vue de la méthode subjective, les soi-disant « preuves inductives » de la doctrine de l'évolution. (*Der Darwinismus und die Naturforschung Newton's und Cuvier's*, 3 Bde 1874-1876.)

admirablement exposés par Chevreul et Claude Bernard, que l'on aurait honte de les rappeler à des chimistes ou à des physiologistes; mais, quand on s'adresse à des naturalistes, c'est bien différent. Ceux-ci ont encore beaucoup à apprendre en pareille matière. Je leur dirai donc que, pour constater l'existence des phénomènes, il ne suffit pas d'avoir de bons instruments, de savoir disséquer et dessiner, qu'il faut encore savoir interpréter une préparation ou un dessin, déterminer son observation ou son expérience; que le raisonnement a un rôle à jouer ici, mais non le dernier, et que c'est à de nouvelles observations, à de nouvelles expériences, faites dans des conditions plus favorables, plus précises, mieux déterminées, qu'il faut recourir pour lever les incertitudes, les contradictions apparentes laissées par les premières. Ajoutant que, pour établir les rapports réels qui existent entre les phénomènes, il ne suffit pas de raisonner logiquement, en partant des faits exacts et bien déterminés; qu'il faut encore, pour valider définitivement une hypothèse, la soumettre au contrôle souverain de l'observation ou de l'expérience. La nécessité de cette dernière condition commence à être comprise. En zoologie, on se défie de plus en plus des inductions, si rigoureuses, si satisfaisantes qu'elles soient; et des mémoires ont été publiés pour démontrer que des théories expliquant parfaitement les faits de la morphologie se trouvaient démenties par le contrôle expérimental de la morphogénie. Affirmer que l'induction a aujourd'hui *force de preuve* en histoire naturelle, c'est montrer que l'on ignore le principe le plus important de la méthode expérimentale, qui est et sera toujours la véritable méthode non seulement de l'histoire naturelle, mais encore de toutes les sciences positives. C'est s'exposer au démenti de tous les naturalistes sérieux, trop peu nombreux il est vrai, qui sont au niveau des progrès les plus récents de la méthode, qui comprennent les nouvelles exigences de la science, ses besoins les plus urgents, et travaillent, autant que possible, à les satisfaire. *La vérification scientifique d'une théorie ne consiste pas dans la vérification logique de l'induction qui la constitue, ni même dans la vérification expérimentale des faits qui lui servent de base; elle consiste essentiellement dans la vérification expérimentale des rapports réels qu'elle suppose entre les faits constatés.* Ce dernier contrôle circonscrit définitivement, consolide et couronne l'œuvre du savant.

La méthode expérimentale est le régime normal de l'intelligence humaine, le seul critérium du savoir positif, le seul gage de l'autorité et de la stabilité de la science. Hors de ses limites, il n'y a plus que probabilités, conjectures, croyances, sentiments personnels, illusions,

chimères et perpétuelles disputes. L'équilibre mental que nous assure la méthode expérimentale n'est pas réalisé, tant s'en faut. La méthode subjective, inductive et déductive, tient encore une large place dans la science, aussi bien que dans la critique scientifique; et, parmi les savants qui se réclament déjà de la méthode expérimentale, il en est certes bien peu qui soient pleinement affranchis de l'ancien joug. Le temps achèvera son œuvre.

Nous venons de le démontrer, il existe des phénomènes naturels qui font partie de l'objet de l'histoire naturelle et dont l'étude ne saurait appartenir à la science positive. Celle-ci a ses limites nécessaires, qui ne seront jamais dépassées. Ces limites, en effet, ne dépendent point de nos moyens de connaître, elles sont inhérentes à la nature même des objets qui s'offrent aux investigations du naturaliste. Mais, à la place de la vérité objective, qui, ici, nous fera toujours défaut, ne pouvons-nous pas accepter une probabilité subjective, purement logique? — Non. Le subjectif, dans la vraie science, ne peut être admis que comme moyen d'étude et seulement à titre provisoire; toute hypothèse qui échappe au contrôle de l'observation ou de l'expérience doit être éliminée, si l'on veut conserver à l'ensemble des résultats sa valeur objective et son utilité pratique. L'arbre de la science positive a ses rameaux stériles, qu'il faut impitoyablement couper, pour assurer la sève nécessaire à ceux qui doivent porter les fleurs et les fruits.

A. VILLOT.

SUR LE PÉRITOINE DU PYTHON DE SÉBA (1)

Par Fernand Lataste
Répétiteur à l'École pratique des Hautes-Études,
Vice-président de la Société zoologique de France

ET

Raphael Blanchard
Préparateur du cours de physiologie à la Sorbonne,
Répétiteur à l'Institut national agronomique.

Nous avons eu récemment l'occasion de disséquer deux Pythons de Séba, un mâle d'une longueur de 2 m. 42 et une femelle d'une longueur de 4 m. 35. Nos observations sont encore inédites; nous voulons seulement les exposer ici en quelques mots et nous étendre surtout sur les conclusions qui nous semblent devoir en découler.

Chez le Python de Séba, la cavité du péritoine ne remonte pas au delà du pylore; elle est remplacée en avant de ce point par du tissu conjonctif lâche ; il n'y a, par conséquent, ni mésogastre ni plèvre. Une séreuse spéciale et indépendante du péritoine enveloppe le foie. Le péritoine communique avec la grande citerne lymphatique et avec le tissu conjonctif ambiant, par de larges orifices.

De cette observation, on peut tirer trois ordres de conclusions : les unes (A) sont du ressort de la physiologie; les autres (B) appartiennent plus spécialement à l'anatomie comparée; les dernières (C) se rattachent à l'anatomie générale.

A. Une théorie généralement admise dit que les séreuses ont pour but d'adoucir les mouvements, les déplacements que doivent subir certains organes; que là où il se produit un mouvement on rencontre une séreuse. On cite à l'appui, comme exemples : la plèvre, qui doit faciliter l'ampliation du poumon; les gaines séreuses des tendons, qui doivent faciliter les mouvements des tendons lors de la contraction musculaire; les synoviales interarticulaires, qui empêchent le contact des surfaces osseuses ou cartilagineuses et facilitent par cela même les divers mouvements des pièces du squelette; et, chose plus probante encore, les bourses séreuses sous-cutanées, qui se produisent artificiellement au niveau d'une fracture non consolidée ou qui se développent en des points où la peau est exposée, dans

(1) *Société de Biologie*, séance du 10 mai 1879.

certaines professions, à des frottements ou pressions habituels, etc.

Nous reconnaissons volontiers que cette théorie est généralement d'accord avec les faits. Elle est cependant en contradiction flagrante avec ce que nous voyons chez le Python, puisque chez cet animal le poumon et l'estomac sont absolument dépourvus de séreuses, bien qu'ils doivent, et surtout l'estomac, accomplir des mouvements très étendus.

B. « La cavité viscérale, dans laquelle, dit Milne-Edwards (1), une portion plus ou moins considérable de l'appareil digestif se trouve suspendue, loge aussi d'autres organes. Chez les représentants les plus inférieurs du type des Vertébrés, elle occupe la presque totalité de la longueur du corps, car elle s'étend depuis la partie antérieure de la tête jusqu'à la base de la queue, et elle contient les principaux instruments de la respiration et de la circulation, aussi bien que ceux de la digestion et de la génération; mais, lorsque la structure de ces animaux se perfectionne, elle se spécialise davantage et se trouve affectée presque exclusivement à la protection des organes digestifs. »

On voit par là que Milne-Edwards admet : 1° que la cavité viscérale se restreint à mesure qu'on s'élève dans la série des vertébrés; et 2° que cette cavité est plus spécialement propre aux organes digestifs.

A l'appui de sa première manière de voir, cet auteur cite l'Amphioxus, le plus « dégradé » des vertébrés, chez lequel la cavité viscérale comprend toute la longueur du corps et peut être subdivisée en cavité pharyngo-branchiale et cavité viscérale proprement dite.

Cette conception ne serait pas d'une exactitude absolue, si l'on s'en rapporte à ce que nous avons observé chez le Python. Cet Ophidien est assurément moins élevé dans la série que les Mammifères, et cependant la cavité péritonéale est chez lui beaucoup plus restreinte que chez ceux-ci. Mais c'est là un fait auquel il convient de ne pas attacher une trop grande importance et duquel nous ne prétendons pas tirer un argument sans réplique contre l'opinion de Milne-Edwards : un animal peut en effet être très élevé dans la série à un certain point de vue, alors qu'il est très inférieur à un autre point de vue.

La seconde conclusion à laquelle arrive Milne-Edwards est que le péritoine est plus spécialement affecté à la protection des organes digestifs. Nos observations semblent devoir nous amener à une opinion absolument opposée. Nous avons en effet observé que, chez le

(1) Milne-Edwards, *Leçons de physiologie et d'anatomie comparée*, t. VI, p. 2.

Python, le péritoine recouvre à peine l'intestin, mais se répand, au contraire, en grande masse autour des organes génito-urinaires. Nous nous voyons donc ainsi conduits à admettre l'idée de de Blainville, qui pensait que le péritoine est propre aux organes génitaux. Cette manière de voir, de Blainville paraît ne l'avoir jamais publiée ; mais Gratiolet, son seul élève, l'a religieusement conservée et l'a communiquée à M. le professeur Paul Bert, de qui nous la tenons. Le cas de l'Amphioxus, que Milne-Edwards prenait comme exemple à l'appui de sa première conclusion, rentre précisément dans cet ordre d'idées, comme le démontre cette phrase de Milne-Edwards lui-même (1) : « Les ovaires de l'Amphioxus occupent toute la longueur de la cavité abdominale. »

Peut-être cependant pourrait-on concilier les deux opinions divergentes de de Blainville et de Milne-Edwards et voir dans le Python une preuve à l'appui de toutes les deux. Il suffirait d'admettre que le péritoine génital de de Blainville est complètement développé chez le Python, tandis que le péritoine digestif de Milne-Edwards aurait subi soit un arrêt de développement, soit un état de régression qui l'aurait réduit à la seule séreuse péri-hépatique. Mais ce sont là des questions de zoologie transcendante que nous n'aborderons pas.

C. Les histologistes ont établi l'identité des cavités séreuses et du tissu conjonctif lâche. On sait, d'autre part, que dans certains cas une cavité séreuse peut se développer normalement là où d'ordinaire on ne rencontre que du tissu lâche, et inversement. Le plus remarquable exemple de faits de ce genre nous est fourni par les sacs dorsaux des Batraciens. Chez la Grenouille et chez la plupart des Anoures, les sacs dorsaux sont de véritables cavités séreuses ou lymphatiques, que traversent à peine quelques brides accompagnant les nerfs et les vaisseaux. Chez certaines espèces et dans certaines régions, ces brides deviennent beaucoup plus nombreuses, parfois même finissent par constituer un véritable tissu conjonctif lâche : c'est ce qu'on rencontre généralement chez les Urodèles.

Le Python nous offre un exemple du même genre, si ce n'est qu'il est la contre-partie de celui-ci. Chez la Grenouille, en effet, nous rencontrons des cavités séreuses là où d'ordinaire il n'y a que du tissu conjonctif lâche (tissu lâche sous-cutané) ; chez le Python, nous trouvons au contraire, du tissu conjonctif lâche là où se rencontre habituellement une cavité séreuse considérable, la cavité pleuro-péritonéale (2).

(1) Milne-Edward, *loc. cit.*, t. VIII, p. 446, note 2.
(2) Embryologiquement, la plèvre et le péritoine ne sont en effet qu'une seule et même cavité.

Nos observations confirment donc la théorie qui admet l'identité des cavités séreuses et du tissu conjonctif lâche. Elles viennent encore démontrer l'existence de trous de communication entre les cavités séreuses et le tissu conjonctif lâche. Ce fait, qui pourtant paraît bien prouvé physiologiquement et même anatomiquement, est encore méconnu par certains auteurs. Mais il devra sembler maintenant définitivement démontré, si l'on songe que les orifices qui font communiquer le cul-de-sac postérieur du péritoine du Python avec la grande citerne lymphatique et avec le tissu conjonctif interstitiel ambiant ont un diamètre moyen de 1 à 3 millimètres, et que quelques-uns de ces orifices sont assez larges pour qu'on y puisse assez facilement introduire le petit doigt.

15 avril 1879.

DE LA CLASSIFICATION ET DE LA PHYLOGÉNIE DES TURBELLARIÉS

Par HALLEZ

Je ne me propose pas ici de passer en revue tous les travaux qui ont été écrits sur la classification et sur les affinités des Turbellariés; je n'ai pas non plus la prétention de considérer l'arbre généalogique que je donne comme étant l'expression des affinités réelles de ces animaux; mon but est simplement : 1° de discuter la valeur des principaux caractères qui ont été choisis par les auteurs pour l'établissement des grandes divisions généralement admises; 2° de voir si ces caractères sont en rapport avec les affinités que l'on peut établir, dans l'état actuel de la science, entre les différents types des Turbellariés; 3° d'essayer de faire un groupement de ces animaux, conforme aux dernières découvertes de la science.

Les Turbellariés constituent un groupe très naturel, dont l'homogénéité n'a échappé à aucun observateur et dont les affinités avec les autres Plathelminthes (Némertiens, Cestodes et Trématodes) ne sont plus contestées aujourd'hui, à ma connaissance, par aucun naturaliste.

Déjà, en 1828, Dugès (1) avait saisi les rapports qui existent entre les Planariées et les Douves, mais il eut le tort de rapprocher aussi ces animaux des Hirudinées. Cet habile observateur ne manqua pas de remarquer l'importance des Turbellariés, au point de vue des formes de passage qu'ils présentent avec d'autres classes que l'on connaissait déjà assez bien à l'époque où il faisait ses recherches, et il termine son mémoire par cette phrase, qui résume bien les vues du savant professeur de Montpellier : « Ces ressemblances, ces analogies fondées sur l'organisation, viennent encore à l'appui de cette vérité, tous les jours rendue plus évidente, que c'est par une gradation presque insensible que la nature parcourt tous les degrés de l'échelle animale, depuis l'être le plus composé jusqu'au plus simple. *Natura saltus non facit.* »

On peut dire d'une manière générale que tous les naturalistes, Cuvier, de Blainville, Lamarck, etc., rangèrent les Turbellariés avec plus ou moins de conviction à côté des autres animaux que nous

(1) *Recherches sur l'organisation et les mœurs des Planariées* (*Ann. Sc. nat.*, XV, 1re série).

désignons aujourd'hui sous le nom de Plathelminthes. Je crois inutile de m'arrèter sur les rapports nombreux qui existent entre l'organisation de tous les vers plats, rapports qui sont aujourd'hui parfaitement établis et admis par tout le monde.

Une autre opinion qui a régné dans la science et qui est encore maintenant admise par quelques zoologistes d'un grand mérite même, c'est celle qui voit des affinités directes entre les Turbellariés et les Infusoires. Cette idée fut notamment soutenue par Agassiz (1), qui veut voir les plus grands rapports entre les Turbellariés et les genres *Kolpoda* et *Paramœcium*. Cette opinion ne pouvait être basée que sur une connaissance incomplète de l'organisation des Turbellariés; aussi les naturalistes qui se sont occupés de l'embryogénie de ces derniers ont-ils vivement combattu les vues du professeur américain. Joh. Müller (2) d'abord et Ch. Girard (3) ensuite citent Agassiz à ce propos, et déclarent qu'ils ne peuvent partager son opinion. Cependant, dans ces dernières années, la découverte de Turbellariés privés d'intestin, faite par Uljanin (4) (genres *Nadina*, *Convoluta*, *Schizoprora*), parut apporter un certain appui à la manière de voir d'Agassiz. En effet, dans les genres que je viens de citer, l'intérieur du corps est rempli par une substance molle, vacuoles et gouttelettes graisseuses (Marksubtanz), qui n'est pas sans présenter quelque analogie avec le protoplasma qui constitue la partie interne du corps des Infusoires. Ludwig Graff (5) a depuis vérifié l'exactitude des observations de l'auteur russe sur *Schizoprora venenosa* O. Schm., et il part aussi de cette particularité anatomique pour établir un rapprochement entre les Turbellariés et les Infusoires.

Il m'est impossible d'admettre cette conclusion ; j'ai déjà dit dans la seconde partie de ce travail comment je pensais pouvoir expliquer ce fait en admettant un arrêt de développement. Ma conviction est que la ressemblance observée entre la substance remplaçant l'intestin chez les *Schizoprora*, etc., et le protoplasma bien connu des Infusoires, est une resemblance purement physiologique et n'ayant aucune valeur morphologique.

Une troisième opinion qui a été également émise relativement aux affinités générales des Turbellariés est celle à laquelle Ch. Girard

(1) *Procedings of the american association for the advencement of science*, second meeting, Boston, 1850, p. 438, et in *Amer. Journ. of Sc. and Arts*, second séries, XIII, 1852, p. 425.
(2) *Ueber eine eigenthümliche Wurmlarve, aus der Classe des Turbellarien*, etc.
(3) *Embryonic development of Planocera elliptica.*
(4) *Turbellariés de la baie de Sébastopol.*
(5) *Kurze Berichte über fortgesetzte Turbellarien Studien.*

a été conduit à la suite de ses études sur l'embryogénie de la *Planocera elliptica* et du *Polycelis variabilis* comparée avec celle des Mollusques gastéropodes, et particulièrement des Nudibranches. Ce qui paraît surtout avoir déterminé Ch. Girard à écarter les Turbellariés des Vers pour les rapprocher des Mollusques, ce sont les premiers phénomènes de la segmentation, qu'il a d'ailleurs parfaitement observés : « Les recherches que j'ai faites sur les Planariées m'ont conduit à les écarter de la classe des Vers, où ils ont été placés jusqu'à ce jour, pour les placer dans la division des Mollusques et plus particulièrement dans la classe des Gastéropodes..... L'embryogénie des Mollusques gastéropodes, et plus particulièrement des Nudibranches, offre une telle ressemblance avec celle des Planariées que j'ai examinés, que tous ceux qui sont familiers avec ce sujet reconnaîtront son évidence (1). »

Eh bien, les caractères tirés des phénomènes de la segmentation de l'œuf ne peuvent pas être invoqués pour déterminer les liens de parenté, à quelque degré que ce soit, entre divers animaux. On trouve en effet, dans toutes les classes du règne animal, des êtres indubitablement voisins, et dont les œufs néanmoins se fractionnent suivant des processus très divers; par contre, nous voyons la *gastrula* se former d'une manière identique chez des animaux extrêmement éloignés. M. A. Girard (2) a d'ailleurs déjà signalé le peu d'importance des différents modes de formation de la *gastrula*. « Quelle importance, dit-il, faut-il attacher aux différents modes de formation de la *Morula?* Je crois que cette importance est assez mince, et je fonde cette opinion sur les admirables travaux d'Ed. Van Beneden sur l'œuf des Crustacés, travaux qui prouvent l'existence dans ce groupe du mode de segmentation connu chez les Mollusques et de celui observé par Barrois chez les Bryozoaires, les deux modes aboutissant à un résultat identique aux stades ultérieurs. »

Pour conclure, nous voyons que le rapprochement fait par Ch. Girard entre les Turbellariés et les Gastéropodes ne repose que sur des caractères qui paraissent être surtout adaptifs et n'ont qu'une valeur très contestable au point de vue phylogénique.

Après avoir passé en revue les affinités générales des Turbellariés, lesquelles ne sont ni avec les Infusoires, ni avec les Mollusques, mais avec les Verts plats, comme l'admet du reste la très grande majorité

(1) *Embrionic developpment of Planocera elliptica*, p. 323.

(2) *Les faux principes biologiques et leurs conséquences en taxonomie* (*Revue scientifique*, 18 mars 1876, p. 277).

des naturalistes, je vais examiner les caractères qui ont servi à classer ces animaux et chercher à établir leurs affinités particulières.

Ehrenberg est le premier auteur qui divisa les Turbellariés en *Dendrocœles* et en *Rhabdocœles*, suivant qu'ils présentent un intestin ramifié ou droit.

Depuis cette époque, ces deux sous-ordres ont été admis par tous les naturalistes, et pendant très longtemps personne ne songea à contester la véritable valeur de ces divisions. Cependant, en 1861, Claparède (1), à la fin de la description qu'il donne de l'*Enterostomum Fingalianum*, fit remarquer que cette espèce, ainsi que les animaux des genres *Opistomum* et *Monocelis*, se rapprochait des Planaires par la conformation de leur pharynx.

Déjà auparavant, en 1844, Œrsted (2) avait d'ailleurs placé le genre *Monocelis* entre les Planaires et les Rhabdocœles proprement dits.

D'un autre côté, L. Graff (3) fit voir que l'espèce trouvée par du Plessis dans le lac Léman, et décrite par cet auteur sous le nom de *Vortex Lemani*, n'était pas un Vortex, mais que par tous ses caractères anatomiques et histologiques elle se rapprochait des Planaires. La *Planaria Lemani* nous offre donc un exemple de Dendrocœle ayant un intestin droit non ramifié.

Enfin nous connaissons des espèces qui sont rangées, par tous les naturalistes, avec les Rhabdocœles et qui cependant ont l'intestin, sinon ramifié, du moins fortement lobé.

Je citerai, dans cette catégorie, le *Macrostomum viride* Ed. V. Ben. (4), le *Prorhynchus stagnalis*, le *Monocelis protractilis* L. Graff (5).

Il résulte de ceci que le caractère choisi par Ehrenberg pour l'établissement des deux sous-ordres des Turbellariés ne peut pas être considéré comme un caractère de première valeur.

Quelles sont donc les différences essentielles qui existent entre la généralité des Dendrocœles et la généralité des Rhabdocœles, et quels sont les caractères qui restent le plus constants dans chacune de ces deux divisions ?

Ces caractères, je dois le dire tout de suite, ne me paraissent pas nettement tranchés ; il me semble, au contraire, qu'il existe toute une série de formes, présentant à la fois un remarquable mélange des

(1) *Recherch. anat. sur les Annél. Turbellariés*, etc., p. 69.

(2) *Entwurf einer systematischen Eintheilung*, etc.

(3) *Note sur la position systématique du Vortex Lemani* du Plessis (*Bull. de la Soc. vaudoise des sc. nat.*, XIV, 1875).

(4) *Étude zoolog. et nat. du genre Macrostomum* (*Bullet. Acad. roy. de Belg.*, 2e sér., XXX, 1870).

(5) *Zur Kenntniss der Turbellarien.*

caractères propres à chacun des deux sous-ordres des Turbellariés. Parmi ces formes, j'insisterai principalement sur les genres remarquables appartenant à la famille des Opistomiens, qui fut créée par Max Schultze (1). Cet auteur y comprenait les genres *Monocelis*, Œrst et *Opistomum*, O. Schm. Plus tard, Ed. Claparède y adjoignit de plus le genre *Enterostomum*, qu'il découvrit dans les Hébrides; enfin, je crois que l'on doit encore faire rentrer dans cette famille le genre *Turbella* (réduit à l'espèce de L. Graff et à la mienne), le genre *Vorticeros* O. Schm.

Je regrette vivement de n'avoir pas pu me procurer des exemplaires du genre *Opistomum;* mais, d'après les descriptions d'Oscar Schmidt (2) et surtout de Max Schultze (3), je suis porté à considérer ces animaux comme assez éloignés des autres genres que je rapporte à la famille des *Opistomiens*. Le pharynx paraît avoir une forme toute particulière et mériterait d'être étudié à nouveau; les organes génitaux présentent une disposition identique à celle des vrais Rhabdocœles; de plus, Max Schultze figure des vaisseaux aquifères présentant des fouets comme les vaisseaux des *Mesostomum;* pour toutes ces raisons, je crois que les *Opistomum* doivent être rapprochés des vrais Rhabdocœles et retirés de la famille des Opistomiens, telle que je l'entends. Tout en réservant mon opinion relativement à la place que doivent occuper les *Opistomum* dans la classification, je propose de désigner sous le nom de *Monocéliens* la famille renfermant les genres *Monocelis*, *Enterostomum*, *Turbella* et *Vorticeros*.

Ces quatre genres, en effet, constituent des types qui, quoique nettement distincts les uns des autres, se relient néanmoins assez intimement entre eux, par un ensemble de caractères que je vais examiner. La famille des Monocéliens, en un mot, peut être comparée à l'une de ces familles, telle que celles des Renonculacées ou des Rosacées, par exemple, dans lesquelles les diverses formes ne peuvent être disposées qu'en série linéaire et non suivant un cercle, comme les genres de la famille des Ombellifères ou des Crucifères, par exemple.

Si nous cherchons à établir les caractères qui différencient les Dendrocœles des Rhabdocœles, nous voyons que celui qui paraît avoir la plus grande valeur au point de vue morphologique, c'est celui que l'on peut tirer du développement relatif du réticulum conjonctif. J'ai déjà montré précédemment que le réticulum qui

(1) *Beiträge zur Naturgeschichte der Turbellarien*, 1851.
(2) *Die Rhabdocœlen Strudelwürmer des süssen Wassers.*
(3) *Beiträge*, etc.

oblitère presque complètement la cavité générale du corps des Dendrocœles est au contraire beaucoup moins développé chez les Rhabdocœles. Ces faits concordent d'ailleurs parfaitement avec les vues exposées par Jules Barrois (1).

Un caractère distinctif que je placerai volontiers en seconde ligne, c'est celui qui est relatif à la forme du pharynx dans les deux divisions des Turbellariés. Chez tous les Rhabdocœles vrais, le pharynx présente la forme d'un barillet; chez tous les Dendrocœles, il a la forme d'un tuyau. Ce caractère, tiré de la forme du pharynx, est incontestablement plus stable et présente une valeur taxonomique plus grande que celui que l'on a établi sur la forme de l'intestin. En effet, les *Monocéliens* présentent un réticulum aussi développé que celui des vrais Dendrocœles; on peut s'en assurer soit par l'examen par transparence, qui ne montre jamais de cavité périentérique, souvent si visible chez les vrais Rhabdocœles, et mieux encore par la méthode des coupes. J'ai fait chez *Monocelis Balani* nov. spec. des coupes transversales qui ne laissent aucun doute à cet égard; chez cet animal, la cavité générale du corps présente un réticulum tout aussi bien développé que celui des Dendrocœles. D'un autre côté, les *Monocéliens* se rapprochent encore de ces derniers, comme nous allons le voir dans un instant, par la disposition de leurs organes génitaux. Nous voyons donc qu'en définitive ils présentent les plus grandes analogies avec les Dendrocœles, et, si leur intestin n'était pas droit, personne n'aurait certainement hésité à les ranger parmi ces derniers.

Eh bien, le pharynx des *Monocéliens* est en forme de tuyau. Il n'y a pas de contestation possible pour les *Monocelis Enterostomum* et *Turbella;* mais il pourrait y en avoir pour le genre *Vorticeros.* En effet, ce pharynx est court et présente assez bien la forme d'un petit baril, dans son ensemble; mais je montrerai plus loin que, lorsqu'il fonctionne, il présente des mouvements de dilatation qu'on ne rencontre jamais que dans le pharynx des Dendrocœles, de sorte qu'il faut aussi le rapprocher du type caractéristique de ceux-ci.

Il résulte, par conséquent, de tout ce que je viens de dire, que la forme du pharynx est beaucoup moins variable dans les deux sous-ordres des Turbellariés que la forme de l'intestin, et que par suite il serait plus rationnel de désigner les Dendrocœles sous le nom de *Turbellariés à pharynx tubuliforme* et les Rhabdocœles sous le nom de *Turbellariés à pharynx dolioliforme*.

La présence ou l'absence des vaisseaux aquifères constitue encore

(1) *Mémoire sur l'embryologie des Némertiens* (in *Ann. sc. nat.*, 6e série, VI, 1877).

un bon caractère distinctif des Rhabdocœles et des Dendrocœles; mais, comme j'ai déjà donné quelques développements sur ce sujet dans la première partie de ce travail, je ne veux pas y insister de nouveau ici, d'autant plus que j'aurai encore occasion d'y revenir un peu plus loin, en faisant les monographies du *Vorticeros Schmidtii*, du *Turbella inermis* et surtout du *Monocelis Balani*.

Un quatrième caractère que je considère aussi comme important, au point de vue des distinctions à établir entre les Dendrocœles et les Rhabdocœles, est celui qui est relatif à la disposition des glandes génitales. En effet, les Dendrocœles présentent des testicules et des ovaires nombreux, disséminés entre les ramifications gastriques au milieu du réticulum; les Rhabdocœles, au contraire, n'ont en général qu'un ou deux ovaires avec vitellogènes différenciés et un ou deux testicules localisés dans des points parfaitement déterminés du corps.

Considérés à ce point de vue, les *Monocéliens* nous offrent certainement des transitions intéressantes entre le type Rhabdocœles et le type Dendrocœles. Dans le genre *Vorticeros*, les testicules et les ovaires présentent les mêmes caractères que chez les Dendrocœles proprement dits.

Dans le genre *Monocelis*, les testicules sont encore nombreux, mais les ovaires ne sont plus qu'au nombre de deux. Les genres *Turbella* et *Enterostomum* sont dans le même cas.

Comme dernier caractère pouvant servir à distinguer les deux sous-ordres des Turbellariés, je signalerai encore la forme du corps, cylindrique chez les Rhabdocœles, aplati chez les Dendrocœles. Cette forme est, du reste, étroitement liée au développement plus ou moins considérable du réticulum, comme je l'ai déjà montré.

Nous pouvons résumer dans le tableau suivant les principaux caractères distinctifs des deux sous-ordres des Turbellariés :

RHABDOCŒLES	DENDROCŒLES
Réticulum relativement peu développé.	Réticulum oblitérant presque complètement la cavité générale du corps.
Pharynx dolioliforme.	Pharynx tubuliforme.
Un système de vaisseaux aquifères.	Pas de vaisseaux aquifères.
Ovaires et testicules le plus ordinairement au nombre de deux.	Ovaires et testicules en général nombreux et disséminés au milieu du réticulum.
Corps plus ou moins cylindrique.	Corps plus ou moins aplati.

Quant aux caractères que l'on peut tirer de la forme du pénis, je crois qu'ils peuvent être excellents pour la détermination des espèces, mais qu'ils ne peuvent pas même être utiles pour l'établissement des

genres; pour ne citer qu'un exemple, je rappellerai seulement les différences très grandes que l'on constate à ce point de vue entre les *Prostomum lineare*, *Steenstrupii*, *Giardii*, *caledonicum*, etc.

A défaut d'indications suffisamment nombreuses sur l'embryogénie des Turbellariés, les caractères que je viens de rappeler vont nous servir pour l'établissement des affinités particulières de ces animaux.

D'abord, il ressort, des notions d'embryogénie que j'ai fait connaître dans la seconde partie de ce travail, que la forme rhabdocœle est plus ancienne que la forme dendrocœle. Je n'en veux pour preuve que la larve des Planaires et surtout des Planaires à larve pélagique, dont le corps cylindre, à intestin primitivement droit, rappelle beaucoup et par son organisation et par ses allures la forme rhabdocœle.

Mais quels sont les Rhabdocœles actuellement vivants qui se rapprochent le plus de la forme ancestrale d'où est sortie la branche des Dendrocœles?

Bien que ces questions présentent toujours de très grandes difficultés quand on n'est pas guidé pour les résoudre par des indications embryogéniques précises, je crois néanmoins que, dans l'état actuel de nos connaissances, les types qui paraissent se rapprocher davantage de la souche commune des Rhabdocœles et des Dendrocœles sont les *Convoluta*, les *Nadina* et quelques autres genres voisins. Il serait certainement fort à souhaiter que l'on fît avec soin l'embryogénie de ces animaux, qui, par la disposition de la bouche, l'absence de paroi propre à l'intestin, la multiplicité des ovaires et des testicules, l'absence de vitellogène différencié, présentent une organisation relativement simple, inférieure à bien des égards à celle des animaux de la famille des *Monocéliens*.

Voyons maintenant s'il est possible de fixer les affinités particulières des Némertiens avec les autres divisions des Turbellariés.

J'ai déjà en partie discuté cette question dans le paragraphe relatif à l'homologie de la trompe des Rhabdocœles et des Némertiens. J'ai indiqué les raisons qui me portent à considérer les Sténostomiens comme de vrais Némertiens. Il est probable que ce rameau des Rhynchocœles a dû se différencier de bonne heure de la souche des Turbellariés, pour former un rameau parallèle à ceux des Rhabdocœles et des Dendrocœles. Le rapprochement que font la plupart des naturalistes entre le *Prorhynchus* et les Némertiens ne me paraît pas encore suffisamment prouvé, comme je l'ai dit plus haut. Il faut, pour que ces affinités soient définitivement établies, attendre que l'on ait fait l'embryogénie du *Prorhynchus*, et que notamment les rapports génétiques entre cet animal et la forme larvaire planiforme étudiée par

Jules Barrois (1) soient confirmés. En tout cas, il est certain que le mélange remarquable des caractères propres aux Rhabdocœles et aux Dendrocœles, peut-être même aux Némertiens, doit faire considérer l'animal qui le présente comme issu d'une forme souche des Turbellariés.

D'autres types intéressants sur lesquels je dirai également un mot sont ceux qui me sont présentés par les Dinophiliens. L'étude d'une espèce nouvelle que j'ai trouvée à Wimereux me porte à rapprocher ces animaux des Macrostomiens, au moins pour le moment, car ici encore il n'y a que les études embryogéniques qui puissent résoudre cette question d'une manière définitive. En tout cas, je crois que Max Schultze (2) et Diesing (3) ont commis une erreur en rangeant les *Dinophilus* dans la famille des Microstomiens ; cette erreur de Diesing et de Max Schultze ne peut évidemment être basée que sur une autre erreur généralement admise et que l'on trouve encore consignée dans les traités de géologie, et de grande valeur, à savoir que les Microstomiens ont un anus.

Provisoirement, je considère les Némertiens comme issus de formes voisines de celles des *Dinophilus*. Je base cette opinion sur l'existence, chez ceux-ci, d'une trompe caractéristique placée au-dessus du tube digestif, sur l'existence d'un anus (les Némertiens et les *Dinophilus* sont les seuls Turbellariés ayant un anus), sur la présence de fossettes ciliées latérales, dans l'espèce de Wimereux, enfin sur la tendance que présentent les *Dinophilus gyrociliatus* et *metameroïdes* à la métamérisation.

Quant aux Microstomiens, tels que je les conçois, c'est-à-dire débarrassés du genre *Stenostomum* et du genre *Dinophilus*, je les considère, avec tous les naturalistes, comme représentant la forme la plus simple, la plus inférieure de tous les groupes de Turbellariés, comme étant par conséquent les animaux se rapprochant le plus des Dicyémiens et des Gastérotriches que M. le professeur A. Giard (4) place à la bifurcation des *Hymenotocha* et des *Gymnotoca*.

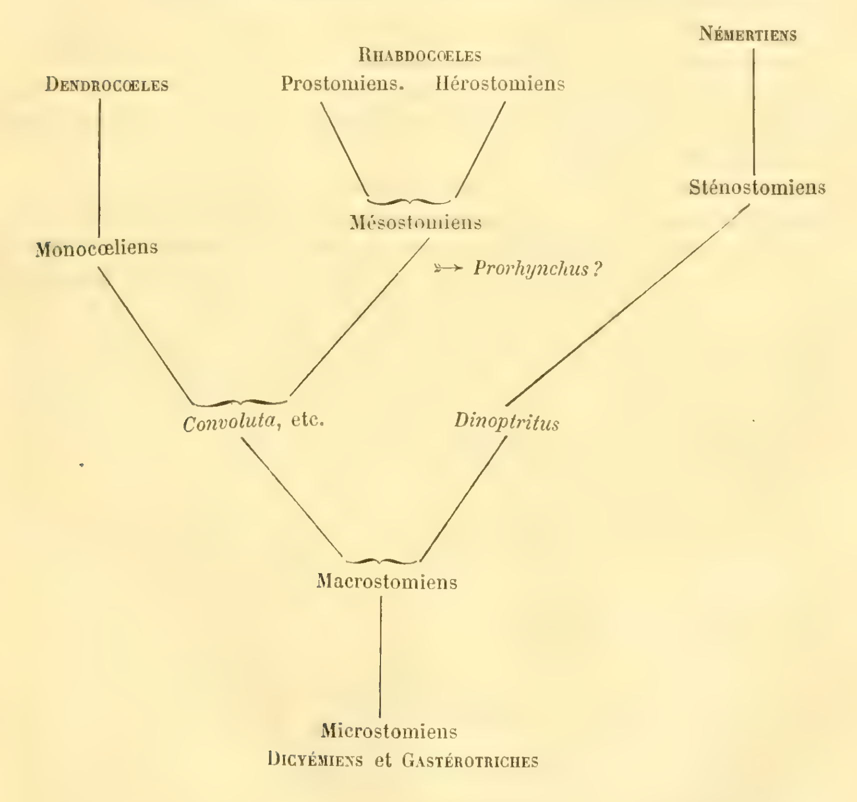
Quant aux Turbellariés terrestres, je crois qu'ils ne doivent pas occuper une place spéciale dans l'arbre généalogique ; ils peuvent appartenir aux divisions les plus diverses du groupe et sont adaptés au milieu particulier dans lequel ils vivent. Le Dr de Man (5) a en effet trouvé,

(1) *Mémoire sur l'embryologie des Némertes* (pl. XI, fig. 15).
(2) *Ueber die Mikrostomeen, eine Familie der Turbellarien.*
(3) *Revision der Turbellarien*, p. 240.
(4) *Les faux principes biologiques et leurs conséquences en taxonomie*, in *Revue scient.*, 18 mars 1876, p. 278.
(5) *Geocentrophora sphyrocephala* De Man, *eene landbewonende Rhabdocœle*, Leyde, 1875.

dans les environs de Leyde, un Rhabdocœle terrestre très intéressant, et qu'il désigne sous le nom de *Geocentrophora Sphyrocephala*; cette espèce, bien que vivant sur la terre humide, constitue un type certainement très différencié des Planaires terrestres connues jusqu'ici.

Je résume dans l'arbre généalogique suivant l'ensemble des vues que je viens de faire connaître relativement aux affinités des Turbellariés, tels qu'on peut se les représenter aujourd'hui. Je n'ai pas besoin de dire que, dans ma pensée, cet arbre aura besoin d'être confirmé par des recherches embryologiques, avant qu'on puisse les considérer comme étant l'expression de la vérité.

ARBRE GÉNÉALOGIQUE DES TURBELLARIÉS



Paul Hallez.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Société d'anthropologie.

Séance du jeudi 9 octobre.

M. le Dr Chervin présente vingt et quelques crânes de Kourganes du gouvernement de Saint-Pétersbourg. On possède de ces crânes en très grande quantité. Le professeur Isvanofski en particulier en a une collection superbe.

La *Revue d'anthropologie* du 15 juillet 1879 a publié le compte rendu d'un ouvrage du professeur Bozdanow contenant les mensurations de plus de cent quarante crânes. Bien d'autres mensurations de crânes kourganes ont été faites. Les mensurations de petites séries nouvelles de régions connues ne peuvent pas nous apprendre grand'chose.

Nous savons que les Kourganes de Saint-Pétersbourg sont moins dolichocéphales en moyenne que ceux du gouvernement de Moscou.

M. Chervin constate que parmi ces vingt crânes il n'y en a pas un seul brachicéphale. Il sont tous du même type. Ils appartenaient à des individus de taille assez élevée, aux cheveux châtains.

M. le Dr Coudereau présente un monstre double né à l'Hôtel-Dieu. Le point de jonction est l'extrémité du sternum. Aucune membrane ne recouvrait le ventre. Il n'y a pas d'organes génitaux apparents. Beaucoup de vertèbres manquent à l'un d'eux.

M. Foley continue la série de ses études sur les mœurs des Néo-Calédoniens, qu'il a longtemps observés. Un paysage de la Nouvelle-Calédonie qu'il montre à la Société représente deux sortes de cases. Il y a en effet des cases exclusivement pour les hommes, et des cases plus petites et plus misérables, exclusivement pour les femmes. La famille existe ; mais il n'y a pas de foyer domestique. Le rapprochement de l'homme et de la femme se fait toujours dans les bois et à la façon des animaux. Le développement des lèvres pourrait bien être en rapport avec cette posture dans le coït.

La fraternité des armes est plus grande que la fraternité utérine, et la fraternité des armes, comme chez les Grecs et chez tant d'autres peuples, est accompagnée de la pédérastie.

Il y a trois sortes de femmes :

La femme ordinaire, réservée à la procréation et pourvoyeuse de la famille. Le mari la traite en bête de somme et la tue lorsqu'il la prend en adultère.

Les sorcières, femmes très vieilles et flétries, qui fabriquent l'unique vase dont on se sert.

Les coquettes, qui cherchent surtout à plaire aux chefs et sur lesquelles M. Foley se réserve de donner ultérieurement de plus grands détails.

M. Le Bon présente des photographies des Nubiens du Jardin d'acclimatation.

M. Broca, à propos d'une communication antérieure, raconte qu'on a cherché longtemps un squelette pouvant s'inscrire dans la statue de l'Apollon du Belvédère. Il a découvert qu'un squelette de nègre pouvait seul présenter des proportions semblables. L'Apollon du Belvédère a en effet un vrai bras de nègre.

Z.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Travaux publiés par M. A. Kölliker (Suite).

1858. Untersuchungen zur vergleichenden Gewebelehre, angestellt in Niza im Herbste 1856:
1. Ueber die Endigungen der Nerven im electrischen Organe der Zitterochen, p. 2.
2. Ueber das Schwanzorgan der gewöhnlichen Rochen, p. 12.
3. Schwanzorgan der Zitterochen, p. 25.
4. Savi's appareil folliculaire nerveux, p. 26.
5. Nervenkörperchen in den Haut von Stornias barbatus, p. 28.
6. Ausbreitung der Nerven in der Geruchsschleimhaut von Plagiostomen, p. 31.
7. Ueber secundäre Zellmembranen. Cuticularbildungen und Porenkanale in zellmembranen, p. 37.
A. Zellenausscheidungen und Cuticularbildung in Darm:
a. Fische, p. 38.
b. Radiaten, p. 40.
c. Eingeweidewürmer, p. 42.
d. Mollusken, p. 43.
e. Gliderthiere, p. 57.
B. Secundäre Zellenausscheidungen und Cuticularbildungen auf der aussern Haut:
a. Radiaten, p. 59.
b. Würmer, p. 60.
c. Mollusken, p 61.
d. Gliederthiere, p. 65.
aa. Anneliden, p. 65.
bb. Krustenthiere, p. 67.
cc. Arachniden und Insecten, p. 73.
C. Zellenausscheidungen und Porenkanälchen an hieren, p. 78.
a. Holothuria tubulosa, p. 78.
b. Insekten, p. 79.
c. Fische, p. 80.
aa. Scomberesoces, p. 80.
bb. Poröse Tihüllen der Fische, p. 81.
8. Rückblick und allgemeine Betrachtungen, p. 93.
9. Grosse Verbreitung contractiler Faserzellen bei Wirbellosen, p. 109.
10. Ueber das Vorkommen eines Knorpelähnlichen Gewebes bei Anneliden.
11. Ueber scheinbar selbständige Contractionphänomene an Bindegewebskörperchen oder denselben Gleichwerthigen zellen, p. 119; *Wurzburg. Verhandl.*, VIII, 1858, p. 1-128, 3 pl.

1859. Ueber verschiedene Typen in der mikroskopischen Structur des Skelettes der Knochenfische:
I. Fische, deren Knochen Keine Knochenzellen, nur osteoides Gewebe oder Dentine enthalten, p. 258.
II. Fische, deren Knochen aus ächter Knochensubstanz bestehen und Zellen enthalten; *Wurzburg. Verhandl.*, IX, 1859, p. 257-271.

1859-60. On the frequent occurrence of vegetable parasites in the hard structures of animals:
1. Spongiæ. — 2. Foraminifera. — 3. Corals. — 4. Bivalves. — 5. Brachiopods. — 6. Gasteropods. — 7. Annelids. — 8. Cirrhipods. — 9. Fishes; *Roy. Soc. Proc.*, X, 1859-60, p. 95-99.

1859-60. On the structure of the Chorda dorsalis of the Plagiostomes and some other Fishes, and on the relation of its proper sheath tothe developement of the vertebræ; *Roy. Soc. Proc.*, X, 1859-60, p. 214-222

1860. Ueber das ausgebreitete Vorkommen von pflanzlichen Parasiten in den Hartgebilden niederer Thiere.
1. Spongien, p. 217. — 2. Polythalamien, p. 219. — 3. Anthozoen, p. 221. — 4. Acephalen, p. 223. — 5. Brachiopoden, p. 225. — 6. Gasteropoden, p. 226. — 7. Anneliden, p. 227. — 8. Cirrhipeden, p. 227. — 9. Fische; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, X, 1860, p. 215-232, pl. XV, XVI. — *Journ. Microsc. Sci.*, VIII, 1860, p. 171-187.

1860. Ueber die Beziehungen der Chorda dorsalis zur Bildung der Wirbel der Selachier und einiger andern Fische:
A. Zusammensetzung der Chora:

1. Der eigentlichen Chorda oder Gallertsubstanz, p. 194.
2. Einer inneren elastichen Haut (Elastica interna), p. 194.
3. Einer bindegewebigen Scheide (Tunica fibrosa), eigentliche Scheide der Chorda, p. 195.
4. Einer äussern elastiche Haut (Elastica externa), p. 195.
B. Betheiligung der eigentlichen Scheide der Chorda an der Wirbel Bildung, p. 196-230.
1. Der Wirbelkörpel geht einzig und allein aus der Scheide der Chorda hervor. (1er Typus, p. 196-231).
2. Der Wirbel körper bildet sich zum Theil aus der Scheide der Schorda, zum theil aus der äussern skelettbeldenden Schicht (2e Typus, p. 209).
3. Der Wirbelkörper entsteht einzig und allein aus der äussern skelettbildenden Schicht (3e Typus, p. 216-232).
Nachtrag:
I. Ueber die Entwickelung der Wirbelsaül von Cultripes provincialis, p. 232.
II. Ueber die Wirbelsaüle einer Larve von Pipa dorsigera, p 236; *Wurzburg. Verhandl.*, X, 1860, p. 193-243, 2 pl. — *Roy. Soc. Proc.*, X, 1859-60, p. 264-222. — *Ann. Nat. Hist.*, V, 1860, p. 323-329.

1860. Ueber die Entwickelung des Geruchsorganes beim Menschen und bei Hühnchen; *Wurzburg. Med. Zeitsch.*, I, 1860, p. 425-435.

1860. Ueber den Inhalt der Schleimsäcke der Myxinoiden und die Epidermis der Neunaugen; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, I, 1860, p. 1-10.

1860. Histologisches über Rhinocryptis (Lepidosiren) annectens Pet.
1. Von der Haut; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, I, 1860, p. 11-19.

1860. Untersuchungen über das Ende der Wirbelsäule der lebenden Ganoïden und einiger Teleostier.
Gratulationsschrift zur 400 jähr. Jubiläunrsfeier der. Univ. Basel:
I. Beschreibender Theil :
A. Schwanzwirbelsäule der lebenden Ganoiden, p. 3.
1. Polyptorus. — 2. Anica calva. — 3. Lepidosteus.
B. Schwanzwirbelsäule der Teleostier, p. 11.
4. Salmo Salar. — 5. Cyprinus Carpio. — 6. Esox Lucius.
II. Ergebnisse und allgemeine Betrachtungen, p. 19.
Leipzig, Engelmann, 1860, in-4° (27 p., 4 pl.).

1860. Ueber den Antheil der Chordascheide an der Bildung des Schädelgrundes der Squalidæ; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, I, 1860, p. 97-105.

1860. Ueber den Bau der Säge des Sägefisches; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, II, 1860, p. 144-149.

1860. Ueber die grosse Verbreitung der « perforating fibres » von Sharpey; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, I, 1860, p. 306-316.

1860. Ueber die grosse Verbreitung von vegetabilischen Parasiten in den Hartgebilden von Thieren, p. xxviii.
Ueber die Knochen von Orthagoriscus, p. xxxviii.
Ueber abnormen Verlauf der Speichenschlagader, p. lvii.
Ueber versuche den Wundstarrkrampf durch. Curare zu heilen, p. lvii.

1860. Wurzburg. Medin. gesellschaft:
Ueber Braid's Methode anæsthesie hervorzurufen, p. iii, iv.
Ueber die mysenoiden, p. viii, ix, x, xi, xii.
Ueber Nototrema marsupiatum, p. xviii.
Ueber die Entwirkelungsgeschichte des Gesichtes, p. xxii.
Ueber Swei Schädel aus Java. Ueber die perforating fibres. Ueber eine Steinaxt, p. xxiii-xxiv; *Jahresbericht. der Phys. Medic. Gesellsch. zur Wurzburg.*, p. xxvi, xxxviii, 1860.

1861. Sitzung, 1860-61:
Ueber den seiner Bau der Lymphdrüsen, p. xi.
Anmeldung und Wahl neuer Mitglieder, p. xi.
Ueber Trichina spiralis, p. xii.
Ueber die Entwickelung der sexualorgane beim menschlichen Embryo, p. xvi. xviii.
Ueber Helleborus, p. xx.
Ueber talgdrüsen am Lippenrot, p. xxi.
Ueber den Kopf eines Chinesen, p. xxiii; *Jahresb.*, 1861, p. xxiv-xxxiii. — *Wurzburg. Med. Zeitsch.*, 1860, vol. I, p. iv-xxiv; *Id.*, 1861, vol. II, p. xi-xxiii.

1861. Entwickelungsgeschichte der menschen und der höreren Thiere. 1re édition. Leipzig, 1861. Engelmann. 1 vol. in-8°, 468 p., 216 fig. sur bois.
2e édition. Leipzig, 1879. Engelmann. 1 vol. in-8°, 1033 p., 606 fig. sur bois.

1861. Die embryonal Schneckenkanal und seine Berichungen zu den Theilen der fertigen Cochea; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, II, 1861, p. 1-9.

1861. Neue Untersuchungen über die Entwickelung der Bindgewebes; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, II, 1861, p. 141-170.

1861. Ueber das Vorkommen von freien Talgdrüsen am rothen Lippenrande des Menschen; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, XI, 1862, p. 341-343.
1862. Ueber die letzten Endigungen der Nerven in den Muskeln des Trosches; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, III, 1862, p. 1-5.
1862. Ueber die Herznerven; *Schweizer Gesells. Verhandl.*, XLVI, 1862, p. 211-212.
1862. Untersuchungen über die letzten Endigungen der Nerven :
Erste Abhandl. Ueber die Endigungen der Nerven in den Muskeln des Trosches, p. 149.
1. Von den Endigungen der Nervenfasern an den Muskelprimitivbündeln, p. 152.
2. Von den anderweitigen Nervenendigungen in den Muskeln des Frosches, p. 157.
3. Von Nervenknospen im Haut muskel des Frosches, p. 161; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, XII, 1862, p. 149-164, pl. XII-XIII.
1862. Die Entwickelung der zahnsäckchen der Wiederkäver; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, XII, 1863, p. 455-460.
1862-63. On the termination of nerves in muscles, as observed in the Frog., and on the disposition of the nerves in the Frog's heart.
Germination of the Nerves in the voluntary Muscles, p. 66, 1 fig.
On the distribution of Sentient Nerves in the Muscles of the Frog., p. 73, 2 fig.
Nerves of the Blood. Vessels., p. 77.
On the Nerve vufts in the Cutanaous Muscle of the Frog., p. 77, 2 fig.
On the termination of the Involuntary Muscles, and on the disposition of the Nerves in the Heart of the Frog.; *Roy. Soc. Proc.*, XII, 1862-63, p. 65-84.
1861-62. Ueber Endigungsweise der Muskelnerven, p. VI.
Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Glatten Muskeln, p. VII.
Ueber Bindegewebe in Ruckenmark und Gehirn, p. VII.
Ueber Entwicklung der Zahnsäckchen, p. X.
Ueber die Herznerven des Trosches, p. XV.
Ueber den Bau der Nieren, p. XVI; *Wurzburg. Medic. Gesellsch. Sitzung.*, 1861-62.
1862-63. Ueber den Bau der menschlichen Niere, p. I.
Ueber den Vorgang der Erection, p. V.
Ueber den Physiologischen Hergang der Atbembewegungen, p. XI.
Ueber den Bau der Spongien, p. XIII, XIV; *Wurzburg. Medic. Zeitsch.*, 1862, vol. 4, p. VI, XVI. — *Id.*, 1863, vol. 5, p. I, XIV.
1863. Ueber den Vorgang der Erection; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, V, 1864 (*Sitz. Ber.*, 1863), p. V.
1863. Ueber den Bau der Spongien; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, V, 1864 (*Sitz. Ber.*, 1863), p. XIV.
1864. Kurzer Bericht über einige im Herbst 1864 an der Westküste von Schottland angestellte vergleichend-anatomische Untersuchungen; *Wurzburg. Naturw. Zeitsch.*, V, 1864, p. 232-250.
1864. Ueber die Darwin'sche Schöpfungstheorie; *Zeitschr. Wissensch. Zool.*, XIV, 1864, p. 174-186.
1864-65. Weitere Beobachtungen über die Wirbel der Selachier, insbesondere über die Wirbel der Lamnoidei, nebst allgemeinen Bemerkungen über die Bildung der Wirbel der Plagiostomen:
I. Thatsächliches :
1. Hexanthus, p. 51. — 2. Cestrachion Philippi. — 3. Spinase niger, p. 52. — 4. Comargus borealis, p. 53. — 5. Ginglymostoma, p. 53. — 6. Centroscyllium Fabricii, p. 55. — 7. Rhinobatus granulatus, p. 55. — 8. Taeniura Lymma, p. 56. — 9. Lamma Cornubica, p. 56. — 10. Oxyrhina gomphodon, p. 59. — 11. Odontapsis tauras, p. 62. — 12. Carcharodon Rondeletti, p. 63. — 13. Selache maxima, p. 64.
II. Allgemeine Betrachtungen.
Bau und Entwickelung der Wirbel der Selachier in Allgemeinen:
1. Chorda dorsalis und egentliche Scheide derselben, p. 67.
2. Acussere Scheide der Chorda, p. 67.
3. Aussere skelettbildende Schicht, p. 68.
4. Bildung und verknöcherung der Wirbelkörper:
A. Antheil der äussern Chordascheide, p. 69.
B. Antheil der äussern skelettbilbenden Schicht an der Bildung der Wirbelkörper, p. 71.
(Betheiligung der knorpeligen Wirbelbogen. Betheiligung der häutigen Theile der äussern skelettbildenden Schicht oder des Perichondrium der Chordascheide an der Bildung der Wirbelkörper, p. 72.)
Typus I :
Der Wirbelkörper geht einzig und allein aus der Scheide der Schorda hervor, p. 73.
Typus II:
Der Wirbelkörper bildet sich zum Thiel aus der Scheide der Schorda, zum Theil aus den verschmolzenen knorpeligen Royen:

A. Antheil der Bogen gering, p. 74.
B. Antheil der Bogen gross, p. 74.
Typus III :
Der Wirbelkörper bildet aus der Scheide der Chorda, einem Antheile der Bogen und aus Ablagerungen von verkalkten Faserkorpel von den zwischen oder auf dem Bogentheile gelegenem Perioste (Periostablagerungen), p. 74.
Vergleichung der wirbel der Plagiostomen mit denjenigen der übrigen Fische :
I. Wirbelsäule der Teleostier, p. 76.
II. Wirbelsäule der Ganoiden, p. 83; *Senckenberg. Naturf. Gesells. Abhand.*, V, 1864-65, p. 51-99, pl. XIII, XVII.

1865. On the histology of the Acalephæ; *Ann. Mag. Nat. Hst.*, XVI, 1865, p. 142-143.

1865. Sur la structure des polypes; *Schweizer. Naturf. Gesells. Verhandl.*, XLIX, 1865, p. 91-92.

1866. Ueber die Cohnheim'schen Felder der Muskelquerschnitte; *Siebold und Kölliker.*, XVI, 1866, p. 374-381, pl. XXII, 2 figures sur bois.

1866-67. Ueber das Skelett eines Torfhirsches; *Wurzburger Naturw. Zeitsch.*, VI, 1866-67, p. 78-81.

1866-67. Ueber den Schädel eines Rehes mit Eckzähnen im oberkiefer; *Würburger Naturwiss. Zeitsch.*, VI, 1866-67, p. 82-83.

1866-67. Ueber die Nervenendigungen in der Hornhaut; *Würburger Naturwiss. Zeitsch.*, VI, 1866-67, p. 121-127.

1866-67. Zu Erinnerung an Heinrich Müller; *Würburger Naturwiss. Zeitsch.*, VI, 1866-67, p. 121-127.

1868. Note on the polymorphism of the anthozoa and the structure of the Tubiporæ; *Ann. Mag. Natur. Hist.*, I, 1868, p. 227-228.

1869-72. Anatomisch-systematische Beschreibung der alcyonarien.
Abthlung. die Pennatuliden.
Algemeine Characteristik. die Familie, p. 113.
Unterabtheilungen der Pennatuliden.
I. Polypenträger mit bilaterales Symmetrie.
A. Polypenträger Federförmig, Stiel mit 4 Hauptkanalen erste Zunft. Pennatuleæ, p. 122, vol. 7.
B. Polypenträger Blattförmig, Stiel mit 2 Kanalen zweite Zunft. Renillaceæ, p. 85, vol. 8.
II. Polypenträger mit nach den Radiarien Typus angeordneten Polypen.
Diette Zunft. Veretillidæ, p. 117, vol. 8; *Senckenberg. Naturf. Gesells. Abhandl.*, VII, 1869-70, p. 111-255, 17 pl.; p. 487-602; VIII, 1872, p. 85-275, 7 pl.

1870. Ueber eine neue Alcyonarie; *Wurzburg. Verhandl.*, II, 1870 (*Sitz. Ber.*, 1870), p. VII-VIII.

1871. Zur Geschichte der medicinischen Facultat der Universitat Wurzburg; Wurzburg., 1871, in-4°.

1871. Ueber den Bau der Remillen; *Wurzburg. Verhandl.*, II, 1872, p. 108-111. — *Ann. Mag. Nat. Hist.*, VII, 1871, p. 307-309.

1871. Beiträge zur Kenntniss der Polypen; *Wurzburg. Verhandl.*, II, 1872, p. 11-30, pl. III, IV.

1872. Die Verbreitung und Bedentung der vielkernigen Zellen der Knochen und Zähne; *Wurzburg. Verhandl.*, II, 1872, p, 243-252.

1872. Weitere Beobachtungen über das Vorkommen und die Verbreitung typischer Resorptionflächen an den knochen; *Wurzburg. Verhandl. Phys. Med.*, III, 1872, p. 215-228.

1872. Critische Bemerkungen zur geschichte der Untersuchungen über die Scheiden der Chorda dorsalis; *Wurzburg. Verhandl. Phys. Med.*, III, 1872, p. 336-345.

1873. Dritter Beitrag zur Lehre von der Entwicklung der Knochen; *Wurzburg. Verhandl.*, IV, 1873, p. 34-50, 5 figures.

1873. *De l'absorption normale et typique des os et des dents.*
Sur la distribution et le rôle des cellules à noyaux multiples (Myelophanes, Robin) des os et des dents, p. 1.
A. Distribution des ostéoclastes et des lacunes de Howship, p. 2.
B. Sur le rôle et le développement des ostéoclastes, p. 5.
Nouvelles observations sur la distribution des surfaces d'absorption typique des os, p. 13
I. Description des surfaces de résorption typique du squelette du veau déterminées à l'aide du microscope.
A. Os du crâne, p. 14. — B. Os du tronc (colonne vertébrale, p. 17; côtes, p. 18). — C. Os des membres, p. 18.
II. Surfaces de résorption typique des squelettes d'autres animaux et de l'homme, p. 20.
III. Expériences instituées au moyen de la garance pour déterminer les surfaces normales de résorption, p. 20.
IV. Sur la chute des bois des chevreuils et des cerfs, p. 24; *Archiv. Zool. Experiment.*, II, 1873, p. 1-28, pl. I. (*A suivre.*)

2e ANNEE N° 12. 15 DÉCEMBRE 1879

Feb. 4, 1880

REVUE INTERNATIONALE

DES

SCIENCES

PARAISSANT LE 15 DE CHAQUE MOIS

DIRIGÉE PAR

J.-L. DE LANESSAN

PROFESSEUR AGRÉGÉ D'HISTOIRE NATURELLE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

PARIS

OCTAVE DOIN, ÉDITEUR

8, PLACE DE L'ODÉON, 8

ridionale. Les médecins brésiliens l'ont peu employé jusqu'ici, bien qu'ils en connaissent les vertus sialagogues et sudorifiques.

M. Coutinho, de Pernambuco, l'a importé en France vers la fin de 1873. Il n'avait d'abord mis à la disposition des médecins que les feuilles du jaborandi ; un peu plus tard, on a pu, en France et en Angleterre, étudier les autres parties : la tige, la racine, les fruits, les fleurs. M. le professeur Baillon a, le premier, déterminé la place qu'occupe cette plante dans le règne végétal. Avant d'avoir pu examiner toutes les parties principales de la plante, il avait reconnu, en se fondant sur

1873. *De l'absorption no...*
Sur la distribution et le rôle des cellules à noyaux multiples (Myelophanes, Robin) des os et des dents, p. 1.
A. Distribution des ostéoclastes et des lacunes de Howship, p. 2.
B. Sur le rôle et le développement des ostéoclastes, p. 5.
Nouvelles observations sur la distribution des surfaces d'absorption typique des os, p. 13
I. Description des surfaces de résorption typique du squelette du veau déterminées à l'aide du microscope.
A. Os du crâne, p. 14. — B. Os du tronc (colonne vertébrale, p. 17; côtes, p. 18). — C. Os des membres, p. 18.
II. Surfaces de résorption typique des squelettes d'autres animaux et de l'homme, p. 20.
III. Expériences instituées au moyen de la garance pour déterminer les surfaces normales de résorption, p. 20.
IV. Sur la chute des bois des chevreuils et des cerfs, p. 24; *Archiv. Zool. Experiment.*, II, 1873, p. 1-28, pl. I.

(*A suivre.*)

COURS DE PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE ET COMPARÉE

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DES POISONS

PAR M. VULPIAN

Doyen de la Faculté de médecine de Paris

DEUXIÈME LEÇON

DU JABORANDI

Importation du jaborandi en Europe. — Principe actif du jaborandi : pilocarpine. — Action du jaborandi et des sels de pilocarpine sur les glandes salivaires, lacrymales, sudoripares, sébacées; sur les sécrétions muqueuses de l'arrière-bouche, du pharynx, des fosses nasales, etc.; sur le pancréas, le foie, les glandules de la membrane muqueuse de l'estomac, de l'intestin; sur l'appareil urinaire; sur les glandes mammaires. — Antagonisme de la pilocarpine et de l'atropine. — Action sur la circulation : cœur, vaisseaux. — Action sur l'iris. — Degré de toxicité du jaborandi et de la pilocarpine.— Action des sels de pilocarpine sur les Invertébrés.

Nous entrons en matière par l'étude d'un médicament récemment introduit dans la thérapeutique : je veux parler du jaborandi. On donne, en Amérique, le nom de jaborandi à un certain nombre de plantes diurétiques, alexipharmaques, etc., qui ne sont peut-être pas toutes de la même famille.

Le jaborandi dont il va être question est une plante, un arbrisseau, qui croît au Brésil ainsi que dans d'autres parties de l'Amérique méridionale. Les médecins brésiliens l'ont peu employé jusqu'ici, bien qu'ils en connaissent les vertus sialagogues et sudorifiques.

M. Coutinho, de Pernambuco, l'a importé en France vers la fin de 1873. Il n'avait d'abord mis à la disposition des médecins que les feuilles du jaborandi; un peu plus tard, on a pu, en France et en Angleterre, étudier les autres parties : la tige, la racine, les fruits, les fleurs. M. le professeur Baillon a, le premier, déterminé la place qu'occupe cette plante dans le règne végétal. Avant d'avoir pu examiner toutes les parties principales de la plante, il avait reconnu, en se fondant sur

les caractères de la feuille, que le jaborandi est le *Pilocarpus pinnatus*, de la famille des *Rutacées*.

M. Coutinho avait constaté par lui-même les effets sialagogues et diaphorétiques de l'infusion des feuilles et de la tige du jaborandi, quand il remit à M. Gubler un échantillon des feuilles de cet arbrisseau. M. Gubler fit alors, dans son service de l'hôpital Beaujon, de nombreux essais relatifs à l'action physiologique et thérapeutique de l'infusion aqueuse de ces feuilles, et il en publia les résultats dans son *Journal de thérapeutique*, en mars 1874. Peu de temps après, M. Rabuteau communiquait à la Société de biologie, dans la séance du 11 avril 1874, les effets qu'il avait observés en expérimentant sur lui-même (1).

Depuis lors, des recherches assez nombreuses ont été entreprises dans le but de mieux préciser les effets et le mode d'action physiologique du jaborandi. Parmi les travaux les plus importants sur ce sujet, je dois vous citer d'abord celui de M. Gubler, puis un mémoire très intéressant de M. Albert Robin, publié peu de temps après dans le *Journal de thérapeutique* (2). M. A. Robin ne s'est pas borné à exposer les effets produits sur l'homme par le jaborandi, en analysant 90 observations recueillies dans le service et sous la direction de M. Gubler; il relate, en outre, les résultats des expériences qu'il a instituées, avec M. le D[r] P. Bouley, pour examiner de plus près l'action physiologique de ce médicament.

D'autres essais ont encore été faits par M. Féréol dans son service de la Maison de santé (3), et j'ai également prescrit l'infusion des feuilles du *Pilocarpus pinnatus* dans mon service à l'hôpital de la Pitié. Des recherches relatives à l'action physiologique du jaborandi ont été entreprises à la même époque, sous ma direction, par MM. Bochefontaine et Carville, dans mon laboratoire de la Faculté.

En même temps que le jaborandi était l'objet de ces investigations en France, il pénétrait en Angleterre, où il a donné lieu aussi à un certain nombre de publications, parmi lesquelles il convient de mentionner surtout celles qui sont dues à MM. Sidney Ringer et Gould, à M. Martindale, M. Tweedy, etc.

C'est là ce qu'on peut appeler la première phase de l'histoire du jaborandi. Toutes les études entreprises alors avaient porté sur la plante elle-même, sur l'infusion des feuilles et de l'écorce des tiges,

(1) Voir aussi Rabuteau, *Sur le principe actif du jaborandi* (*Union médicale*, 14 avril et 9 mai 1874).

(2) Albert Robin, *Études physiologiques et thérapeutiques sur le jaborandi* (tirage à part). Paris, G. Masson.

(3) Féréol, *Note sur le jaborandi* (*Journal de thérapeutique*, 1875, p. 45).

ou sur les extraits retirés de ces parties de la plante. L'attention se porta bientôt sur la recherche du principe actif du jaborandi.

On attribua d'abord les propriétés de l'arbrisseau brésilien à l'huile essentielle que contiennent les feuilles et l'écorce des tiges, et dont l'existence se révèle au premier abord par l'odeur aromatique particulière au *Pilocarpus*. L'étude histologique de la structure des feuilles montre, d'ailleurs, qu'elles contiennent des glandes analogues à celles d'autres feuilles dans lesquelles on trouve des huiles essentielles.

L'expérimentation ne confirma pas les présomptions fondées sur cette analogie. On vit que l'huile essentielle du *Pilocarpus pinnatus*, obtenue par distillation, ne produit nettement aucun des effets que détermine l'infusion de la plante : résultat prévu dès les premières études physiologiques faites à l'aide de cette plante, puisque M. Laborde avait constaté que l'eau distillée de feuilles de jaborandi n'a aucune action sur les glandes salivaires. Il n'y avait donc pas de doutes à conserver : le principe actif du *Pilocarpus* est tout autre que l'huile essentielle.

Ce principe actif est un alcaloïde contenu dans les feuilles et l'écorce des tiges. M. Byasson, le premier, a fait connaître la présence du nouvel alcaloïde dans les feuilles du jaborandi, et même il a pu l'extraire dans un état assez grand de concentration. MM. Bochefontaine et Galippe ont essayé, dans mon laboratoire, cet alcaloïde extrait des feuilles par M. Byasson, et reconnu son action énergique sur la sécrétion salivaire et particulièrement sur la sécrétion de la glande sous-maxillaire. M. Byasson publia aussitôt sa découverte dans le *Journal de thérapeutique* (10 mars 1875).

A ce moment, M. Ernest Hardy avait déjà, depuis un certain temps, découvert de son côté l'alcaloïde du *Pilocarpus ;* il l'a, le premier, isolé complètement, et il avait pu obtenir, en le combinant avec l'acide chlorhydrique, un sel cristallisable, très soluble dans l'eau, qu'il proposa d'appeler *chlorhydrate de pilocarpine*. S'appuyant sur les analogies qui existent entre l'action physiologique du jaborandi et celle de la muscarine, M. Ernest Hardy a cru pouvoir appliquer à la recherche de l'alcaloïde de la plante brésilienne le procédé employé par MM. Schmiedeberg et Koppe pour isoler l'alcaloïde de l'*Amanita muscaria*, ou fausse oronge. C'est, en effet, à l'aide de ce procédé qu'il a réussi à isoler la *pilocarpine*.

Dès que M. E. Hardy eut obtenu du chlorhydrate de pilocarpine, il étudia avec M. Bochefontaine l'action de ce sel sur les principales fonctions : ces expérimentateurs reconnurent qu'il détermine, comme l'infusion de feuilles de jaborandi, une augmentation rapide et consi-

dérable des sécrétions salivaire, pancréatique, biliaire, et qu'il agit de la même façon que cette infusion sur le cœur.

Il est très facile de s'assurer que le jaborandi contient un alcaloïde, et je m'étonne que ceux qui ont eu la plante entre les mains n'en aient pas constaté tout aussitôt l'existence. Les réactifs généraux des alcaloïdes produisent, en effet, dans les infusions de feuilles ou d'écorce des tiges, un précipité tout à fait caractéristique. Voici une infusion de feuilles de jaborandi dans laquelle je verse quelques gouttes d'une solution d'iodhydrargyrate de potasse, ou réactif de Valser : vous voyez se former à l'instant un précipité blanc abondant. Je mets sous vos yeux, dans un autre tube, une nouvelle quantité de la même infusion, que je traite par le réactif de Bouchardat, ou solution aqueuse d'iode et d'iodure de potassium : j'obtiens immédiatement le précipité caractéristique des alcaloïdes. Il en serait de même si je traitais cette infusion par l'acide phosphomolybdique. L'ammoniaque précipite également l'alcaloïde contenu dans l'infusion des feuilles de jaborandi.

La présence d'un alcaloïde dans les infusions faites avec l'écorce des tiges est tout aussi évidente.

L'alcaloïde se trouve même en plus grande proportion dans l'écorce des tiges que dans les feuilles, comme l'a montré M. Galippe, et il est possible que, pour cette raison, l'on arrive à employer de préférence l'écorce des rameaux. La partie corticale des racines n'en contient, au contraire, qu'une faible quantité.

Les moyens d'extraction de la pilocarpine ont été perfectionnés depuis le premier travail de M. Hardy. Cet alcaloïde fut bientôt extrait du jaborandi en notables quantités par divers chimistes, par A. W. Gerrard en Angleterre, par M. Petit, M. Duquesnel en France, puis par M. Merck en Allemagne. Les principaux procédés mis en usage sont exposés dans une revue récente publiée par M. E. Hardy sur les recherches relatives à l'action du jaborandi et de son alcaloïde (1).

On parvient à retirer à peu près 70 grammes de chlorhydrate de pilocarpine de 100 kilogrammes de feuilles de jaborandi.

On a donc maintenant la possibilité de se procurer assez facilement des sels de pilocarpine : comme l'expérimentation sur l'homme et sur les animaux a montré que les effets physiologiques produits par ces sels sont les mêmes au fond que ceux auxquels donne lieu le jaborandi, on a remplacé presque complètement, soit dans les études physiologiques, soit dans l'emploi thérapeutique, les infusions de la

(1) E. Hardy, *De la pilocarpine et des nouvelles recherches sur le jaborandi* (*Revue des sciences médicales*, t. XI, 1878, p. 767 et suiv.).

plante par les sels dont il s'agit. C'est surtout du chlorhydrate et du nitrate qu'on fait usage, et l'on administre habituellemnt ces sels par la méthode hypodermique.

L'infusion de jaborandi peut toutefois rendre de grands services dans des cas déterminés, et l'on peut aussi avoir recours à l'extrait aqueux, à l'élixir ou à l'extrait alcoolique : ce sont de bonnes préparations, très actives si elles sont récentes ; mais elles m'ont semblé ne pas conserver longtemps toute leur puissance.

Examinons les effets physiologiques qui se manifestent, chez l'homme, à la suite de l'ingestion d'une infusion de feuilles de jaborandi. La dose est de 3 à 4 grammes de feuilles grossièrement pulvérisées, que l'on fait infuser, comme on le ferait pour des fleurs de tilleul, dans 100 à 150 grammes d'eau. Cette infusion m'a paru plus active lorsqu'on la prépare la veille du jour où l'on veut l'administrer et qu'on la laisse macérer jusqu'au moment de s'en servir ; elle est aromatique, et son goût n'a rien de répugnant.

Les effets produits par l'ingestion stomacale d'une infusion de feuilles de jaborandi sont bien connus. On les a observés sur un grand nombre de malades. En outre, divers expérimentateurs ont étudié ces effets sur eux-mêmes ; je citerai comme exemple l'observation prise par M. Vandamme et publiée par M. Alb. Robin (1).

Si l'on a administré à un malade, à la dose que je viens d'indiquer, une infusion de jaborandi, on voit, au bout de quelques minutes, apparaître les phénomènes qui marquent le début de l'action de cette substance.

La peau de la face rougit un peu : il se produit assez souvent dans la tête un sentiment de tension, parfois aussi des sensations de battements artériels ; rarement il y a du vertige ou des bruissements dans les oreilles ; il n'y a pas non plus d'ordinaire de troubles de la vue : en somme, les phénomènes du début sont en général peu accusés. Bientôt le tégument cutané offre une légère congestion dans toute son étendue, et en même temps on y constate un peu de moiteur. La salive commence à affluer dans la bouche. Ce sont les manifestations caractéristiques qui commencent.

La sueur se montre, habituellemeut, au bout de dix à vingt-cinq minutes après l'ingestion de l'infusion de jaborandi ; parfois elle apparaît un peu plus tôt ; dans d'autres cas, elle n'est visible qu'au bout de trente, quarante minutes : il est tout à fait rare qu'elle soit plus tardive. Ce sont d'abord des gouttelettes extrêmement fines qui perlent

(1) *Loc. cit.*, p. 6.

sur le front, sur le devant de la poitrine, puis sur les autres régions du tégument cutané : ces gouttelettes grossissent peu à peu, se réunissent, puis forment de petites flaques et finissent par s'écouler vers les parties déclives. La production de sueur augmente ainsi peu à peu et devient quelquefois tellement abondante que le malade peut être dans la nécessité de changer plusieurs fois de chemise.

La salivation augmente de la même manière, dans des proportions considérables. La salive afflue dans la bouche, et le patient est parfois obligé de se coucher sur le côté pour rejeter à chaque instant, ou laisser couler les flots de salive qui tendent à remplir sa cavité buccale.

Peu de temps après que la sialorrhéee et la diaphorèse ont commencé, on voit se manifester d'autres phénomènes sur lesquels M. Gubler a le premier appelé l'attention. Les glandes lacrymales sécrètent avec activité ; la surface des yeux est couverte de larmes qui tendent à couler sur les joues et y coulent quelquefois ; en tout cas, elles humectent abondamment la membrane muqueuse des fosses nasales, qui est aussi le siège d'une sécrétion muqueuse plus ou moins considérable. Il y a pareillement hypercrinie des glandes muqueuses de l'arrière-gorge, de la trachée et des bronches.

Quelques autres phénomènes se produisent encore; nous en parlerons tout à l'heure ; mais auparavant il convient d'insister un peu sur les deux manifestations les plus saillantes de l'action du jaborandi : je veux parler de l'hypersécrétion de la sueur et de la salive.

On a cherché à recueillir la sueur et à mesurer la quantité de ce liquide, qui est sécrétée sous l'influence du jaborandi. On a calculé qu'elle s'élève à 300 ou 500 centimètres cubes ; elle peut même être plus abondante encore. Pour évaluer la quantité de sueur sécrétée sous l'influence du jaborandi, on peut, comme l'a fait M. Alb. Robin, recueillir la sueur qui provient d'une partie du corps, d'un membre inférieur, par exemple, en enveloppant ce membre d'une toile gommée, et déterminer par un calcul proportionnel et approximatif la quantité qu'ont dû fournir les glandes sudoripares de toute l'étendue du tégument cutané. Ou bien, on peut, après avoir pesé la personne soumise à l'action de ce médicament, lui recommander de rejeter dans un récipient quelconque toute la salive qui afflue dans la cavité buccale, et peser de nouveau cette personne lorsque les effets du jaborandi auront cessé. La perte de poids du corps, diminuée du poids de la salive recueillie, représentera la quantité de sueur sécrétée, s'il n'y a eu pendant ce temps, bien entendu, ni miction, ni défécation, ni vomissements, ni déglutition de boissons ou d'aliments. La sueur ainsi recueillie est légèrement opalescente : cet aspect est dû

non seulement aux squames épidermiques, entraînées par le liquide, mais encore à la présence des matériaux de la sécrétion sébacée. Le jaborandi agit, en effet, sur les glandes sébacées en même temps que sur les glandes sudoripares, et, quand on recueille la sueur, on recueille le produit de ces deux sécrétions.

M. A. Robin a fait quelques analyses de la sueur provenant de malades traités par le jaborandi, et il a constaté une augmentation de l'urée.

La quantité d'urée contenue normalement dans la sueur est, en moyenne, d'après M. Favre, de 0 gr. 480 par litre. M. A. Robin a trouvé qu'elle s'élève à 2 gr. 69 par litre, dans la sueur sécrétée sous l'influence du jaborandi. Cette augmentation de l'urée dans la sueur n'est pas sans importance en médecine, car on pourra l'utiliser, dans les cas d'urémie, pour débarrasser l'économie de l'excès d'urée qu'elle contient. Ainsi, dans certains cas de maladie de Bright, lorsque des phénomènes d'urémie se manifestent, on pourrait peut-être, en exagérant, à l'aide du jaborandi, la sécrétion de l'urée par les sueurs, suppléer pendant quelque temps à l'élimination de l'urée par les reins et retarder l'issue fatale. M. A. Robin a noté aussi l'augmentation des chlorures dans la sueur sécrétée dans ces mêmes conditions. Au lieu de 2 gr. 473 par litre, chiffre donné par Favre, il a trouvé 3 gr. 680 comme moyenne de cinq analyses, c'est-à-dire un excès de 1 gr. 207 sur la quantité considérée comme normale.

La sudation a une durée très variable. Tantôt elle cesse au bout d'une heure et tantôt elle se prolonge pendant plusieurs heures. D'après les chiffres réunis par M. A. Robin, elle durerait en moyenne de deux heures à deux heures et demie. Suivant le même auteur, les régions du corps sur lesquelles la sudation a commencé sont aussi celles où elle cesse en dernier lieu. Quelquefois, on voit l'hyperhidrose faire absolument défaut ; mais ce cas est très rare. Le jaborandi produit alors surtout du ptyalisme. Dans d'autres cas plus rares encore, on observe l'inverse ; l'exagération de la sueur est le phénomène le plus accusé ; la salivation n'a qu'une durée insignifiante.

La salivation est, en général, plus hâtive que la diaphorèse (1). Parfois, elle commence deux minutes après l'ingestion du jaborandi ; mais cela est tout à fait exceptionnel ; le plus souvent, le début de la salivation a lieu au bout de dix à quinze minutes. Elle dure environ deux heures. Comme le dit M. Alb. Robin, pendant tout le temps que dure la salivation, il y a souvent une sensation de chaleur dans la

(1) D'après certains auteurs, les doses faibles de sels de pilocarpine peuvent produire une salivation bien nette, sans déterminer en même temps une exagération de la sécrétion sudorale.

bouche, et les glandes sous-maxillaires paraissent le siège d'un certain degré de tension.

M. Albert Robin évalue la quantité de salive recueillie pendant toute la durée des effets sialagogues du médicament à 100 centimètres cubes au minimum et à 1100 ou 1200 centimètres cubes au maximum. La moyenne est, suivant lui, à peu près de 500 centimètres cubes.

Les caractères physiques et chimiques, indiqués par M. Albert Robin, ne diffèrent, sous aucun rapport important, de ceux qu'offre la salive sécrétée dans les conditions normales : elle serait, il est vrai, au dire de cet investigateur, plus visqueuse, plus riche en carbonates, en sulfates, en chlorures, en sulfocyanure de potassium, et en matières coagulables par l'acide azotique ; mais ces dissemblances n'ont rien de bien significatif. Il a reconnu que le pouvoir saccharifiant de cette salive est considérable (1). L'urée contenue dans la salive serait augmentée, d'après M. A. Robin, ce qui constituerait encore une différence ; au lieu de 0 gr. 450 d'urée par litre, le liquide salivaire sécrété après l'administration du jaborandi en contiendrait 0 gr. 717.

Cette dernière donnée n'est pas d'accord avec celle qui a été obtenue par M. Ch. Bougarel, interne en pharmacie de l'hôpital de la Pitié. M. Bougarel n'a trouvé, en effet, que 0 gr. 094 d'urée par litre de salive recueillie dans les mêmes conditions ; ce qui conduirait donc à admettre une diminution, au lieu d'une augmentation, dans le chiffre normal de l'urée.

En somme, les caractères de la salive sécrétée sous l'influence du jaborandi sont ceux que doit revêtir un mélange des produits de sécrétion de toutes glandes salivaires. Les quelques modifications que peut offrir ce liquide, dans ces conditions, tiennent à l'activité excessive du travail sécrétoire qui s'effectue alors dans les glandes, et l'on peut dire que ces modifications, assez légères probablement, sont encore très insuffisamment connues.

Nous avons dit que, pendant la durée de la salivation, la région des glandes salivaires peut offrir une certaine rénitence. Ce phénomène, assez rare d'ailleurs, est dû à l'afflux du sang dans les vaisseaux des glandes et à l'abondance de la salive qui emplit tous les acini et canaux excréteurs de ces organes. La tension qui en résulte peut produire exceptionnellement des tuméfactions plus ou moins douloureuses, mais passagères, de telles ou telles glandes. Le professeur Lorain avait observé cette tuméfaction dans un cas de maladie de

(1) M. Bougarel a confirmé sur ce point ce qui avait été vu par M. Albert Robin. Il a constaté, en effet, par des recherches dosimétriques très exactes, que la salive obtenue à l'aide du jaborandi réduit l'amidon en sucre avec la même puissance que la salive normale.

Bright : le gonflement ressemblait à celui qui caractérise les *oreillons*.

M. Albert Robin a vu trois fois cet accident : dans un des cas, il s'agissait d'une paralysie saturnine ancienne; dans un autre, d'un rhumatisme articulaire aigu.

Pendant la durée des phénomènes que je viens de vous indiquer (1), il y a une soif plus ou moins vive et de l'inappétence. Quelques malades éprouvent des nausées; on a pu même observer des vomissements, mais surtout quand ces malades avaient mangé peu de temps avant de prendre l'infusion de jaborandi, ou encore quand ils avaient avalé la salive qui inondait la bouche, au lieu de la rejeter. Parfois, il s'est produit de légères coliques et même de la diarrhée.

Dans quelques cas, mais très rarement, on a signalé un certain degré de diurèse : il serait plus exact de dire que l'ingestion de l'infusion de jaborandi détermine souvent, dès le début, des effets sudoraux et salivaires, un besoin impérieux de miction (2) et aussi, dans quelques cas, de défécation. M. Albert Robin a vu, mais chez un petit nombre de malades, la miction devenir douloureuse pendant l'action du jaborandi, et deux fois il a constaté, en même temps que ces caractères de la miction, de l'uréthrorrhée. Ces phénomènes disparaissaient le lendemain ou le surlendemain de l'administration du médicament.

Quelquefois aussi, mais plus exceptionnellement encore, on a noté un peu de vertige, un peu de pesanteur, d'alourdissement de la tête. Les phénomènes cérébraux que je mentionne ont été signalés par des observateurs qui les ont constatés sur eux-mêmes : M. Martindale, en Angleterre; M. Galippe, en France. Un de mes malades de l'hôpital les a nettement éprouvés.

Quand tous les effets hypercriniques produits par le jaborandi sont dissipés, la soif et l'inappétence peuvent durer encore un certain temps. On observe de la sécheresse de la peau et de la gorge, de la fatigue, de l'abattement. Ce sont là des phénomènes faciles à comprendre et sur lesquels je n'insisterai pas.

D'autres symptômes ont encore été indiqués comme survenant après l'administration du jaborandi. Ainsi, M. A. Robin a remarqué chez ses malades une diminution de la tension artérielle; il a vu les battements du cœur s'accélérer au début de l'action du médicament, se ralentir vers la fin de la période d'hypercrinie et revenir ainsi, à

(1) MM. Sydney Ringer et Gould ont reconnu que le jaborandi exerce une influence beaucoup moins marquée sur les enfants que sur les adultes.

(2) D'après les recherches de MM. Ball et Hardy, l'urine sécrétée pendant que les effets du jaborandi se produisent contiendrait moins d'urée que dans les conditions normales. (*Comptes rendus de la Soc. de biol.*, 1874.)

peu près, au nombre normal. Ce fait a été constaté depuis par la plupart des médecins qui ont étudié l'action du jaborandi ou de la pilocarpine sur l'homme et sur les animaux; je citerai, entre autres, MM. Weber, Bardenhewer, Scotti, Riegel, Gillet de Grandmont, Kahler et Soyha (1), Pitois, etc. Parfois, il y a un certain degré d'arhytmie; mais cet effet, qui est rare lorsque le cœur est à l'état sain, serait fréquent, au contraire, d'après M. A. Robin, dans les cas d'affection cardiaque.

Pour ce qui concerne la tension artérielle, tous les expérimentateurs sont d'accord avec M. Alb. Robin. La tension ne s'abaisse d'ailleurs que très peu, lorsqu'on ne dépasse pas la dose thérapeutique, dans l'administration du jaborandi ou de la pilocarpine. Dans les expériences physiologiques, la tension ne s'abaisse pas, en général, même pour des doses assez fortes, si les animaux ont été préalablement curarisés.

Quant aux battements du cœur, le fait signalé par M. Alb. Robin a été confirmé aussi par la plupart des médecins qui ont étudié les effets soit du jaborandi, soit de la pilocarpine, sur l'homme et sur les animaux. Chez les animaux non curarisés, lorsqu'on fait usage de doses un peu élevées, on observe constamment un ralentissement et des irrégularités considérables des mouvements du cœur. Le même effet se produirait chez l'homme, dans les mêmes conditions.

D'après le même auteur, la température intérieure du corps s'élève au début de l'action du médicament; puis, au déclin des hypercrinies, elle s'abaisse au-dessous du degré initial : cela s'observe aussi bien chez les malades atteints d'affections fébriles que chez ceux qui sont atteints d'affections apyrétiques. Dans le premier cas, on constaterait encore, en général, le lendemain de l'administration du jaborandi, un abaissement notable de température. MM. Green, Pilicier, Weber, Scotti, Fronmüller, Pitois, ont vu aussi l'élévation initiale de température, signalée par M. Robin. Le fait est contesté par d'autres médecins : parmi ceux-ci, les uns, comme MM. Sydney-Ringer et Gould, Bardenhewer, Dumas, admettent au contraire qu'il y a abaissement thermique dès le début; d'autres, M. Löhrisch par exemple, disent que la température n'est pas modifiée pendant la période d'action de la pilocarpine. Pour moi, je n'ai rien vu de constant sous ce rapport, et je crois que l'influence des doses et surtout celle de la disposition particulière du sujet influent beaucoup sur les résultats thermométriques obtenus. Je ne parle que de ce qui a lieu au début

(1) O. Kahler et J. Soyka, *Kymographische Versuche über Jaborandi* (*Archiv. exper. Pathologie und Pharmakologie*, p. 436 et suiv.).

de l'action du médicament. Tous les observateurs sont d'accord pour ce qui concerne l'abaissement thermique constaté vers la fin de la période de l'action excito-sécrétoire du jaborandi.

Sous l'influence de l'absorption du principe actif du jaborandi, on voit, en outre, se produire des modifications plus ou moins marquées des pupilles.

Cette action sur les pupilles de l'infusion a d'abord été observée après l'ingestion stomacale de l'infusion de jaborandi; mais les modifications n'ont pas paru être constantes, lors des premières études : on avait vu, en effet, les ouvertures pupillaires tantôt se dilater, tantôt se resserrer, tantôt enfin conserver leur diamètre. Toutefois c'est un resserrement plus ou moins marqué des pupilles que l'on voyait se produire le plus souvent chez l'homme soumis à l'action du jaborandi. L'action directe de l'extrait de jaborandi dissous dans de la glycérine et appliqué sur le globe de l'œil est semblable à celle que détermine l'ingestion du médicament : il y a alors production du myosis, comme l'ont constaté, chez l'homme, MM. Sydney-Ringer et Gould. Mais la contraction pupillaire, dans les cas étudiés par les auteurs anglais, n'a pas été constante. En effet, l'extrait de jaborandi a été mis 31 fois sur les yeux des malades, et le rétrécissement de la pupille a été constaté 19 fois seulement. La pupille offrait alors un diamètre de moitié ou d'un tiers plus petit que le diamètre mesuré avant l'application de l'extrait de jaborandi.

On sait maintenant que la solution aqueuse de chlorhydrate de pilocarpine, appliquée directement sur l'œil, détermine un myosis constant et très prononcé. Cette substance a donc une action analogue à celle de l'ésérine. Ce n'est pourtant pas cette propriété qui l'a fait surtout admettre dans la matière médicale des ophthalmologistes; comme nous le verrons plus tard, c'est son influence spoliative, par excitation sécrétoire, qui a paru pouvoir rendre service dans le traitement de certaines affections oculaires.

M. Alb. Robin a constaté chez deux malades des troubles très prononcés de la vue, à la suite de l'ingestion d'une infusion de jaborandi, à la dose thérapeutique. Chez l'un des malades, il y eut cécité presque complète pendant près d'une heure et demie; chez le second, la vue fut simplement affaiblie d'une façon passagère, et, pendant ce temps, le malade voyait « de nombreuses mouches blanches, semblables à des flocons de neige. »

M. Martindale a observé, sur lui-même, un affaiblissement de la puissance d'accommodation des yeux aux diverses distances, consécutif à l'ingestion d'une infusion de feuilles de jaborandi. M. Tweedy a

étudié avec soin ce phénomène sur plusieurs malades, et il l'attribue à la tension plus grande de l'appareil d'accommodation, tension qui produirait un rapprochement du point le plus proche et du plus éloigné de la vision distincte. L'augmentation de la tension intra-oculaire est-elle constante? Peut-il y avoir, au contraire, diminution de la tension, comme l'admettent certains auteurs? Des recherches plus nombreuses et plus précises sont nécessaires pour répondre à ces questions. Il en est de même pour ce qui concerne la température du globe oculaire, qui, d'après M. Gillet de Grandmont (1), pourrait subir un abaissement, en moyenne, de 8 dixièmes de degré (2).

En résumé, les propriétés sudorifiques et sialagogues du jaborandi sont incomparablement plus marquées que celles de tous les agents thérapeutiques employés jusqu'à présent en médecine pour produire des effets de ce genre. On peut même dire qu'on ne connaissait pas vraiment de médicaments sûrs, agissant par la circulation sur les glandes salivaires et sudoripares, avant l'introduction de cette plante dans la matière médicale. Comme sudorifiques, nous n'avions que certaines tisanes dont l'effet, toujours incertain, est dû en réalité à l'introduction d'une grande quantité d'eau chaude dans l'estomac; à son absorption rapide soit dans l'estomac, soit dans l'intestin; à l'augmentation de la tension sanguine qui en résulte, et finalement à l'effort fait par l'économie pour se débarrasser, par tous les émonctoires dont elle use en pareille occurrence, du liquide qui tend à altérer la crase normale du sang. En somme, deux facteurs principaux concourent à l'action des tisanes dites sudorifiques : la sensation de chaleur intra-stomacale, provoquant un travail de régulation thermique, lequel s'effectue surtout, dans ce cas, par les glandes sudoripares, et, d'autre part, l'effort d'expulsion de l'eau qui pénètre dans le sang, effort ayant pour agents les plus puissants les reins, les poumons, les glandes sudoripares. La nature des parties de plantes qui servent à faire l'infusion n'a qu'une bien faible part dans l'effet produit, si même elle est en droit d'en réclamer une quelconque. Comme sialagogues, on pouvait faire usage de certaines substances, de la racine de pyrèthre par exemple; mais l'effet produit par cette racine n'est pas le résultat d'une action directe sur les glandes salivaires. Le jus exprimé de la racine de pyrèthre, pendant qu'on la mâche, détermine une certaine irritation de la membrane muqueuse de la bouche, et

(1) Gillet de Grandmont, *De l'action physiologique du nitrate de pilocarpine et de ses effets thérapeutiques dans les affections oculaires* (*France médicale*, 1878, p. 515 et suiv.).

(2) Voir aussi : O. Königshöfer, *Ueber Jaborandi und Pilocarpin, hinsichtlich ihrer Wirkung auf das Auge* (Indication in *Centralblatt f. w. Med.*, 1878, p. 813).

cette irritation agit par mécanisme réflexe sur les glandes salivaires.

On peut appliquer, sans modifications bien importantes, tout ce que je viens de dire des effets observés chez l'homme, lorsqu'il y a eu ingestion stomacale d'une dose de 3 à 4 grammes de jaborandi, à l'action d'une injection sous-cutanée de 1 à 2 centigrammes de chlorhydrate ou de nitrate de pilocarpine en solution dans un quart de centimètre cube d'eau distillée. J'ai déjà dit que les premières expériences à l'aide de sels solubles de pilocarpine ont été faites par MM. E. Hardy et Bochefontaine : elles furent bientôt confirmées par des travaux du même genre publiés en Angleterre par MM. Sydney-Ringer, Langley et autres investigateurs. M. Sydney-Ringer essaya l'action du nitrate de pilocarpine sur l'homme, en faisant prendre environ 0,032 de ce sel par ingestion stomacale. Mais ce mode d'administration n'a pas prévalu et a été remplacé par les injections hypodermiques de chlorhydrate ou de nitrate de pilocarpine.

C'est par ce dernier procédé qu'ont été faites les recherches expérimentales ou thérapeutiques de MM. Langley, Riegel, Weber, Bardenhewer, Curschmann, Rosenkrantz, Scotti, Leyden, Federschmidt, Fraenkel, Ohms, Losch, Marmé, Ed. Bruen, Luchsinger, Nawrocki, Adamkiewicz, etc., à l'étranger, et, en France, les essais thérapeutiques entrepris, lorsque la pilocarpine fut connue, par M. Gubler, par M. Constantin Paul, M. Siredey et plusieurs autres médeciens : quelques thèses inaugurales de Paris ont été consacrées à l'étude des injections hypodermiques de pilocarpine.

Les injections hypodermiques des sels de pilocarpine agissent plus rapidement que la tisane de jaborandi. Ainsi la salivation et la sudation commencent en général au bout de deux à trois minutes après l'injection ; elles atteignent plus rapidement leur summum d'intensité, et elles durent un peu moins longtemps. Au total, la quantité de salive et de sueur, sécrétée sous l'influence de l'injection, est à peu près la même que celle que l'on obtient par l'ingestion de la tisane de feuilles de jaborandi. M. Weber a observé une perte de poids de 2 kilogrammes en moyenne à la suite d'une diaphorèse abondante. D'autres expérimentateurs parlent de 1000 à 1200 grammes. M. Pitois insiste sur la difficulté de l'évaluation de la quantité de la sueur provoquée par les injections hypodermiques de pilocarpine. Pour chercher la quantité de sueur sécrétée sous l'influence de l'absorption des principes actifs du jaborandi, on a mis en usage les mêmes procédés que pour le jaborandi lui-même. L'un d'eux consiste, ainsi que je l'ai dit, à recueillir la sueur produite par une partie limitée du tégument cutané, de l'avant-bras et de la main, par exemple, ce qui peut donner

approximativement, par un calcul proportionnel, la quantité totale du liquide sécrété par toute l'étendue de la peau. Ce procédé a été mis en usage par quelques expérimentateurs, par M. Fubini (1), entre autres. Le second procédé a été employé par M. Scotti et M. Curschmann : ils ont pesé les personnes soumises à ces injections avant et après les effets de la pilocarpine ; et, en déduisant du poïds total celui de la salive, ils ont obtenu comme moyenne de la perte de liquide par la peau et les voies respiratoires les nombres 1000 à 2000 grammes. Mais dans les essais de M. Stumpf. qui employait le même procédé, cette perte de liquide a varié de 22 gr. 20 à 805 grammes, et M. Pitois, observant sur lui-même, a constaté une perte moyenne, par la peau et les voies respiratoires, de 500 grammes environ. Dans toutes ces observations, on retranchait naturellement du poids total des pertes le poids de l'urine et des matières fécales, lorsqu'il y avait eu miction ou défécation pendant la durée des effets de la pilocarpine.

Au moment où les effets vont se produire, on observe, lorsqu'on a pratiqué une injection hypodermique de sel de pilocarpine, comme lorsqu'on fait boire de l'infusion de jaborandi, une congestion plus ou moins vive de la peau, une sensation comme de plénitude, parfois des bruissements d'oreilles. Certains auteurs ont noté une sensation très marquée de froid, et même des frissons avec claquements de dents, lorsque la diaphorèse a atteint son maximum d'intensité (Sydney-Ringer et Gould (2), Weber, Scotti). Il se produit de même, au début, des besoins plus ou moins impérieux d'uriner et d'aller à la garde-robe ; parfois on a remarqué de la strangurie passagère avec ou sans douleur vive dans le col de la vessie et le canal de l'urèthre. Lorsque la dose du sel de pilocarpine injecté ne dépasse pas un centigramme et demi, il est rare qu'il se produise soit des vomissements, soit le sentiment de défaillance qu'on observe quelquefois à la suite de l'ingestion d'une infusion de jaborandi (3).

Jusqu'à présent, je n'ai parlé que des effets du jaborandi sur l'homme. Il faut maintenant comparer ces effets à ceux qu'on obtient, à l'aide du même agent, sur les animaux.

(1) S. Fubini, *Annotazioni sopra la saliva parotidea e sopra il sudore. — Esperienze fatte sull' uomo coll' estratto di jaborandi sul sudore* (*Osservatore, Gazzetta della cliniche di Torino*, 1878).

(2) Ces auteurs ont fait cette remarque dans des cas d'emploi du jaborandi.

(3) Je ne fais que mentionnner ici une particularité observée par MM. Sydney-Ringer et Bury. Ces auteurs ont vu chez un homme atteint d'hémiplégie, d'éphidrose du côté droit, la moustache de ce côté, qui ne croissait plus comme celle du côté gauche, reprendre son developpement normal, sous l'influence d'injections sous-cutanées de pilocarpine. Un autre auteur, M. Schmitz, a prétendu que la pilocarpine activait la pousse des cheveux.

Envisagés dans leur ensemble, les effets du jaborandi, ou des sels de pilocarpine, sont les mêmes chez les animaux que chez l'homme. Seulement la plupart des animaux dont on se sert dans les laboratoires, tels que chiens, lapins, cobayes, ne suent pas, ou bien suent très difficilement, de sorte que, chez les animaux, au début des études expérimentales sur ces substances, l'on s'était borné à l'observation des autres sécrétions. Des recherches récentes nous ont appris que l'on peut étudier facilement la sécrétion sudorale des pulpes digitales du chat; d'autre part, on sait depuis longtemps que certains autres mammifères, le cheval par exemple, suent abondamment sur presque toute la surface du corps. On a donc pu examiner, chez ces animaux, l'influence de l'infusion de jaborandi ou des solutions aqueuses du nitrate ou du chlorhydrate de pilocarpine sur la sécrétion des glandes sudoripares.

Mes premières expériences ont été faites sur des lapins, sur des cobayes et principalement sur des chiens, au moyen de l'infusion de jaborandi. Dans ces dernières années, j'ai eu recours le plus souvent, comme tous les physiologistes, aux sels de pilocarpine. L'infusion de jaborandi était administrée aux chiens soit par introduction dans l'estomac, soit par injection intra-veineuse. Les effets sont les mêmes dans l'un et dans l'autre cas: mais ils sont beaucoup plus rapides quand on a recours à l'injection par les veines; ils sont alors vraiment merveilleux. Il en est de même des injections intra-veineuses de sels de pilocarpine. Quant aux injections intra-veineuses sous-cutanées de ces sels, elles produisent aussi des effets très prompts, mais beaucoup moins rapides cependant.

Si l'on introduit une canule dans le canal de Wharton, chez un chien, et si l'on injecte, dans la veine crurale de l'animal, soit 2 gr. environ d'une infusion faite avec 3 grammes de feuilles de jaborandi et 30 grammes d'eau, soit quelques milligrammes de chlorhydrate ou de nitrate de pilocarpine dans 1 gramme d'eau, on voit, au bout de quelques secondes, la salive couler en abondance par la canule, épaisse d'abord et opaline, puis bientôt limpide et plus fluide. Dans un temps donné, la quantité de salive que l'on obtient ainsi est dix et même quinze fois plus grande que celle que l'on recueillerait à l'état normal.

L'expérience peut être faite sur des chiens curarisés et soumis à la respiration artificielle, ou bien sur des chiens anesthésiés soit par l'inhalation de l'éther ou de chloroforme, soit par une injection intra-veineuse de chloral hydraté ou de croton-chloral, ou enfin sur des chiens morphinisés. Rien de plus facile que d'introduire alors et de fixer dans chacun des conduits salivaires principaux un tube métal-

lique ou un tube de verre. Mes expériences ont été faites surtout sur des chiens curarisés. La sécrétion provoquée par l'injection sous-cutanée ou intra-veineuse commence tout aussitôt et paraît être tout aussi abondante dans ces conditions que chez des chiens n'ayant subi aucune intoxication préalable. On peut encore injecter le sel de pilocarpine, comme l'a fait M. Langley (1), suivant en cela le procédé expérimental imaginé par M. Heidenhain, dans l'artère faciale, de manière à faire pénétrer la substance directement dans les vaisseaux capillaires de la glande.

La sécrétion salivaire a lieu très peu de temps après une injection sous-cutanée de chlorhydrate de pilocarpine. Si l'on a injecté ainsi 5 à 10 milligrammes de ce sel ou de nitrate de pilocarpine, la salive commence à s'écouler par les tubes placés dans ces canaux, moins de deux ou trois minutes après l'injection. C'est la salive sous-maxillaire qui apparaît la première, et ce n'est d'ordinaire qu'après qu'il s'en est écoulé plusieurs gouttes que la salive parotidienne apparaît au bout de la canule. Quant à la salive sublinguale, la première goutte ne se montre qu'assez longtemps après que l'écoulement de la salive parotidienne a acquis toute la rapidité qu'il doit avoir.

Si l'injection est faite dans une veine vers le cœur, dans la veine saphène, par exemple, l'écoulement de la salive sous-maxillaire commence au bout de peu de secondes, quelquefois même avant que l'injection soit terminée. L'effet est presque aussi rapide que lorsqu'on soumet à la faradisation le nerf lingual, au-dessus du point d'où se détache le filet sécréteur destiné à la glande, ou qu'on excite de la même façon l'intérieur de la caisse du tympan (2).

Si l'on a disposé l'expérience de façon à pouvoir examiner aussi les modifications du cours du sang dans les veines qui ramènent le sang de la glande sous-maxillaire, en recueillant, comme Cl. Bernard, ce sang au sortir de la veine principale, pendant un temps déterminé, on constate, ainsi que l'a indiqué M. Langley, que l'injection de pilocarpine augmente la quantité de sang qui sort de cette veine, en même temps qu'elle augmente l'écoulement salivaire par le canal de

(1) J.-N. Langley, *The Action of Pilocarpin on the Submaxillary Gland of the Dog* (*Studies from the Physiological Laboratory in the University of Cambridge*, 1877, p. 42 et suiv.).

(2) Lorsqu'on pratique la faradisation de la caisse du tympan, on peut facilement, chez le chien, observer directement les résultats de l'excitation excito-sécrétoire ainsi produite, en examinant, dans l'intérieur de la cavité buccale, les orifices des diverses glandes salivaires. On voit que, dans ces conditions, la glande molaire entre en suractivité sécrétoire comme les autres glandes salivaires ; mais l'écoulement est un peu en retard sur celui de la glande parotide. Les orifices de ces deux glandes, assez voisins l'un de l'autre, peuvent présenter, au moment où commence le flux salivaire, quelques mouvements peu étendus, rapides, alternatifs, de protraction et de rétraction.

Warthon; mais ces deux effets n'arrivent ni l'un ni l'autre au degré qu'ils atteignent sous l'influence de la faradisation de la corde du tympan.

Les salives ainsi obtenues ont les caractères qui leur ont été attribués lorsqu'on se les procurait par d'autres méthodes. La salive sous-maxillaire est filante, légèrement opalescente; la salive parotidienne est beaucoup plus fluide et plus transparente; la salive sublinguale est bien plus filante encore que la salive sous-maxillaire. Je n'ai pas cherché à recueillir isolément la salive fournie, dans ces conditions, par la glande de Nuck; mais d'autres expérimentateurs l'ont fait, et ils ont constaté que cette salive offre, lorsqu'elle s'écoule sous l'influence du jaborandi ou de son alcaloïde, ses caractères habituels : on sait qu'elle est presque aussi filante que la salive sublinguale; j'ai pu m'en assurer dans mes expériences de faradisation de l'intérieur de la caisse du tympan. Chacune de ces salives a son degré normal d'alcalinité; elles paraissent contenir, comme je m'en suis assuré, la même quantité de sulfocyanure de potassium que dans l'état ordinaire.

Lorsque l'on fait usage, pour ces sortes d'expériences, d'injections hypodermiques de sels solubles de pilocarpine, on ne voit pas, comme dans le cas d'injections intra-veineuses, l'écoulement atteindre son maximum de rapidité presque dès le début; mais cependant la période d'augment est très courte : l'écoulement se fait avec une rapidité à peu près uniforme pendant quelques minutes, puis il commence à se ralentir; il peut durer quinze, vingt minutes et même plus longtemps encore. Si l'on fait une seconde injection avant que l'effet de la première soit épuisé, l'écoulement salivaire, au bout de quelques instants, redevient à peu près aussi rapide que la première fois; mais il dure moins longtemps; si l'on renouvelle plusieurs fois l'injection, on voit que l'effet obtenu est de moins en moins intense. Toujours est-il que l'on peut entretenir ainsi l'écoulement de la salive pendant plus d'une heure.

A l'aide de ces injections, on peut donc obtenir des quantités considérables de salive, et ce moyen est précieux surtout pour la salive parotidienne, qu'on ne peut se procurer (je parle de celle du chien) que si difficilement et en si petite quantité par les autres modes d'excitation de la glande parotide. J'ai pu recueillir ainsi 8 centimètres cubes de cette salive en quinze minutes.

Chez le chien, à l'état normal, la salive sous-maxillaire ne réduit pas l'amidon. Or, dans quelques expériences, la salive sous-maxillaire de chiens, sous l'influence du jaborandi, paraissait réduire l'amidon

en sucre. Du moins, si l'on faisait agir la salive sur de l'amidon hydraté pendant quelques minutes, à une température de 40° C., et si l'on faisait bouillir ensuite le mélange avec de la liqueur de Fehling, on constatait une réduction de cette liqueur.

Mais il s'agissait, dans ces cas-là, de chiens chloralisés : or, on sait, d'après les recherches de M. Personne, que le chloral se transforme dans l'économie et donne lieu à la production de l'acide formique et l'on sait aussi que l'acide formique réduit, à la façon du sucre, la liqueur de Barreswil, ou celle de Fehling. On devait donc chercher si la réduction qu'on avait observée dans les cas dont il s'agit n'était pas due à des produits de décomposition du chloral. Pour cela, il suffisait de recueillir de la salive sur un chien chloralisé, mais non soumis à l'action du jaborandi, et de la faire agir directement sur la liqueur cupro-potassique. Obtenir de la salive dans ces conditions n'était point difficile, puisqu'il suffisait de faradiser le nerf lingual au-dessus du point d'où se détache le filet destiné à la glande sous-maxillaire. La salive de cette glande ainsi obtenue sur un chien et localisé réduisait aussi le réactif. Nous avons donc été amenés à présumer que la salive obtenue chez les chiens jaborandisés ne contient pas de diastase ni de sucre; et en effet, en recueillant la salive sur des animaux non chloralisés et jaborandisés, on a pu s'assurer qu'elle ne réduit pas directement la liqueur de Fehling, et qu'elle ne transforme pas l'amidon en glycose. Il serait donc erroné d'admettre que le jaborandi modifie, sous ce rapport, les propriétés de la salive du chien.

L'influence du jaborandi et de la pilocarpine sur les glandes salivaires peut être étudiée sur d'autres animaux : elle l'a été particulièrement sur le lapin et surtout sur le chat. Le cheval, comme j'ai pu m'en assurer dans des expériences faites avec M. le Dr Raymond, se prêterait très bien aussi à ce genre d'études. M. Gillet de Grandmont a pu recueillir plus de 8 kilogrammes de salive en une heure sur un cheval soumis à l'action du nitrate de pilocarpine (1).

M. Langley a constaté que la salive sous-maxillaire du chat, obtenue à l'aide du nitrate de pilocarpine en injection sous-cutanée, est beaucoup plus fluide que celle du chien : c'est un fait que j'ai vérifié.

— On peut, chez certains animaux, étudier l'influence du jaborandi sur les glandes sudoripares. Ainsi, chez les chevaux, il est aisé de provoquer une sueur abondante à l'aide de cette substance, et l'on peut, chez ces animaux, instituer des expériences propres à déter-

(1) *Loc. cit.*, p. 538.

miner le mécanisme de cette action du jaborandi. M. Gillet de Grandmont avait déjà fait quelques expériences de ce genre (1) et, comme on le verra plus tard, j'ai cherché avec M. Raymond à élucider certains points de la physiologie de la sueur sur ces animaux. Mais c'est sur les chats surtout que ces expériences peuvent être faites facilement, qu'elles peuvent être répétées et variées suffisamment pour examiner toutes les faces de la question.

C'est en examinant l'influence du nerf sciatique sur les vaisseaux du membre postérieur que l'on a constaté la sueur qui se produit sur la pulpe des doigts du chat, et c'est parce qu'en Allemagne on fait souvent usage de cet animal pour les recherches expérimentales, que cette particularité a été vue d'abord par des physiologistes allemands. Toutes mes études sur l'innervation vaso-motrice du membre inférieur ont porté sur le chien ; je n'ai employé que rarement le lapin et le cobaye ou des poules et des pigeons ; jamais ou presque jamais je n'ai eu recours au chat. Lors de mes premières recherches sur le jaborandi, je n'avais donc pas pu étudier sur les animaux l'action de cette substance sur les glandes sudoripares. J'ai reconnu récemment, il est vrai, que les pulpes digitales du chien peuvent suer aussi ; mais je n'avais pas eu l'occasion de faire cette remarque jusque dans ces derniers temps et je ne m'en étonne pas, car c'est là un fait exceptionnel, c'est-à-dire qu'il est impossible chez la plupart des chiens de provoquer la sécrétion des glandes sudoripares de ces régions. Je n'ai observé cette production de sueur que chez quelques jeunes chiens, de races variées d'ailleurs. On est obligé, pour voir, chez ces animaux, la sueur sourdre des orifices des glandes sudoripares, d'enlever avec soin la couche de poussière ou de boue desséchée qui recouvre d'ordinaire leurs pulpes digitales (2).

Je dois dire que tous les chats ne suent pas avec la même facilité. D'une façon générale, les chats âgés ne suent pas à la suite de l'absorption des principes actifs du jaborandi, ni d'ailleurs sous les autres influences excito-sudorales ; mais la condition de l'âge, indiquée par les physiologistes qui ont publié les premiers travaux sur ce sujet, n'est pas la seule dont il faille tenir compte, car, ainsi que l'a fait remarquer M. Nawrocki, il est des chats, même peu âgés, qui ne suent que très difficilement et qui sont ainsi peu propres aux expériences dont nous parlons en ce moment.

(1) *Loc. cit.*, p. 533.

(2) Lorsque l'on administre de fortes doses de jaborandi ou de pilocarpine à des chiens, il arrive quelquefois, ainsi que je l'avais remarqué dès mes premières expériences, que les régions inguinales et axillaires deviennent un peu humides ; mais ce n'est jamais un effet bien significatif, comme ceux que l'on observe sur les pulpes digitales des chats et de certains chiens.

Ces faits, relatifs au chien et au chat, rappellent ceux qui concernent l'homme lui-même. On sait combien le fonctionnement des glandes sudoripares varie, dans l'espèce humaine, suivant l'âge et les prédispositions individuelles. Les enfants suent facilement et abondamment, et les vieillards, d'une façon générale, suent peu. Le jaborandi et la pilocarpine peuvent être administrés à certains vieillards sans provoquer la moindre sécrétion sudorale, bien que, dans certains cas, la salivation soit assez abondante. Ce qui est assez intéressant, c'est que, chez les vieillards dont les glandes sudoripares résistent à l'action excito-sécrétoire du jaborandi ou de la pilocarpine, on peut voir se manifester une congestion cutanée vive, au moment où la sueur se produit d'ordinaire chez un adulte, c'est-à-dire deux ou trois minutes après une injection sous-cutanée de sel de pilocarpine, par exemple. Ainsi, les phénomènes de dilatation vasculaire de la peau ont lieu encore; mais la sécrétion sudorale, qui commence en général à ce moment, peut faire absolument défaut.

Revenons à l'action de la pilocarpine sur les glandes sudorales du chat. C'est M. Goltz qui a, je crois, signalé le premier la sueur qui mouille parfois la surface des pulpes digitales du chat. Très peu de temps après, cette sécrétion sudorale devenait l'objet de plusieurs travaux importants. M. Ostrumoff (1), MM. Kendall et Luchsinger (2) découvraient ce fait plein d'intérêt, à savoir que la section du nerf sciatique paralyse le fonctionnement des glandes sudorales des pulpes du pied correspondant, tandis que la faradisation du bout périphérique de ce nerf détermine une abondante sécrétion de sueur par ces glandes. Ils avaient étudié l'action de la pilocarpine (3) et de l'atropine (4) sur ces glandes. M. Luchsinger (5), M. Nawrocki (6) complétaient bientôt les indications données par M. Ostrumoff sur le trajet des nerfs sudoraux, et faisaient connaître les points les plus intéressants de leur histoire physiologique. M. Adamkiewicz ajoutait quelques particularités aux données dues aux travaux de ces auteurs, et, vers le même moment, je publiais des recherches confirmant ces travaux, au moins en ce qui concerne les points principaux.

(1) *Moskauer arztl. Anzeiger*, 1876, nº 25. *Jahresb. von Hofmann und Schwalbe*, V, 1876; *Physiol.*, p. 214. (Indication donnée par M. Nawrocki.)

(2) *Pflüger's Archiv*, 1876, vol. XIII, p. 212.

(3) B. Luchsinger; Nawrocki.

(4) Ostrumoff, *loc. cit.*

(5) *Pflüger's Archiv*, 1877, XIV, p. 369. V. aussi *Neue Versuche zu einer Lehre von der Schweissecretion, ein Beitrag zur Physiologie der Nervencentreng* (*Centralblatt*, 1877, p. 376, 1878, p. 152).

(6) Nawrocki, *Zur Innervation der Schweissdrüsen* (*Centralblatt.*, 1878, p. 2; *Id.*, p. 721).

Si l'on injecte 4 à 5 milligrammes de chlorhydrate ou de nitrate de pilocarpine sous la peau d'un chat éthérisé ou curarisé et soumis à la respiration artificielle, on voit bientôt, si l'on a eu soin de choisir un animal à pulpes digitales non pigmentées (les chats gris à taches noires ont tous les pulpes digitales noires), les pulpes se congestionner un peu et, presque en même temps, si l'on examine avec soin, à l'aide d'une loupe, la peau de ces parties, on aperçoit de très fines gouttelettes qui apparaissent en grand nombre sur ce tégument. C'est la sueur qui commence ainsi à sourdre de tous les orifices des glandes sudoripares des pulpes digitales. Ces gouttelettes grossissent rapidement, deviennent bientôt visibles à l'œil nu, puis finissent par se réunir et par couvrir toute la surface des pulpes digitales d'une couche de sueur. Si l'on essuie cette surface, elle se mouille bientôt de nouveau. Il y a en même temps une sécrétion de matière sébacée. La sécrétion sudorale est plus ou moins abondante et plus ou moins durable; elle dure en général un quart d'heure au moins.

Chez le cheval, je n'ai fait qu'une seule expérience, avec M. le docteur Raymond (1). L'injection de 7 à 10 centigrammes de chlorhydrate de pilocarpine (en solution dans une petite quantité d'eau) dans la veine jugulaire a déterminé une abondante sécrétion de sueur sur la face, le cou, les flancs de l'animal.

La sueur ainsi obtenue a la même réaction chez tous les animaux sur lesquels on a pu étudier ce produit de sécrétion sous ce rapport. Elle est franchement alcaline. M. Luchsinger avait déjà noté ce fait, et je l'ai vérifié maintes fois sur le chat, sur le chien, sur le cheval (2). J'ai pris toutes les précautions nécessaires pour ne pas être induit en erreur, précautions indiquées déjà par M. Luchsinger. Elles consistent surtout à enlever avec soin la matière sébacée qui se trouve sur les points de la peau où l'on recueille la sueur : on peut se servir d'éther, ou bien de savon, en ayant bien soin de laver ensuite les régions du tégument qui ont été savonnées. Du reste, chez les animaux, c'est là une opération préalable sans utilité véritable, puisque la présence du produit de sécrétion des glandes sébacées sur la peau n'empêche pas la réaction alcaline de se produire (3). Un papier de tournesol rouge, appliqué sur les pulpes digitales d'un chat, au moment où la sécrétion

(1) Vulpian et F. Raymond. *Sur l'origine des fibres nerveuses excito-sudorales de la face* (*Comptes-rendus de l'Acad. des Sc.*, 1879 ; t. LXXXIX, p. 11).

(2) Cl. Bernard avait indiqué l'alcalinité de la sueur du cheval dans ses *Leçons sur les liquides de l'organisme*, 1859, II, 185 et suiv.

(3) Il n'y a probablement pas de vraies glandes sébacées dans la peau des pulpes digitales du chat et du chien ; on peut cependant constater qu'il s'y fait une légère sécrétion de matière grasse.

des glandes sudoripares est dans toute son activité, à la suite d'une injection hypodermique de sel de pilocarpine, est toujours ramené énergiquement au bleu (1).

Les lavages préalables sont indispensables, au contraire, lorsqu'on veut connaître la véritable réaction de la sueur chez l'homme. Il est admis, en physiologie, que la sueur de presque toutes les régions du corps a une réaction acide. M. Favre (2) avait toutefois noté que, lorsqu'on provoque une sudation abondante chez l'homme, la sueur est d'abord acide; puis, au bout d'un certain temps, elle sort alcaline de la peau. M. Gillebert d'Hercourt (3) avait vu, de son côté, la sueur, d'abord acide, devenir ensuite neutre. M. Albert Robin a étudié les caractères de la sueur de l'homme, dans les cas où la sécrétion sudorable est provoquée par l'ingestion du jaborandi. Il a vu que la sueur, dans ces conditions, a toujours une réaction acide au moment où commence l'effet diaphorétique du jaborandi; elle est neutre au milieu de la période d'action de ce médicament; elle reste ou devient neutre, soit faiblement ou franchement alcaline dans les derniers moments de la sudation (4). M. Gubler pensait que ce changement de réaction de la sueur, vers la fin de la diaphorèse, était dû à l'absence du principe volatil de la sueur, lequel, à cause de la rapidité de la sécrétion de la sueur, n'avait plus le temps de se former.

La véritable explication se trouve très nettement donnée par les recherches de MM. Luchsinger et Trumpy (5). Ces expérimentateurs ont nettement démontré que la réaction acide constatée à la surface de la peau appartient, non à la sueur, mais au sébum. Si on a pris soin d'effectuer un lavage préalable du tégument avec des liquides de nature à bien enlever les matières grasses, la sueur qui se produit sous l'influence de la pilocarpine ou de bains chauds (sur la face, dans ce dernier cas) est alcaline dès le début. Les investigateurs ne l'ont trouvée acide, dans ces conditions, pendant les premières minutes, que dans un très petit nombre de cas, et l'on peut penser que cela provenait de la matière sébacée sécrétée en même temps que la sueur; dès que celle-ci devenait prédominante, la réaction était franchement alcaline. De même, à la fin des expériences, la réaction acide

(1) La sueur, chez les animaux dont il est ici question, est toujours alcaline, quel que soit le moyen employé pour l'obtenir.

(2) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1852.

(3) *Gaz. méd. de Lyon*, 1852.

(4) Alb. Robin dit avoir remarqué que, dans quelques cas, la sueur ainsi provoquée exhalait, d'une façon manifeste, l'odeur du jaborandi.

(5) B. Luchsinger et D. Trumpy, *Besitzt normaler menschlicher Schweiss wirklich saure Reaction?* in *Pflüger's Archiv*).

s'est rencontrée quelquefois, dans les mêmes cas où elle avait offert ce caractère au début; nul doute que ce résultat n'ait été dû aussi à la reprise d'une sécrétion sébacée relativement abondante. Si l'on fait une injection hypodermique de sel de pilocarpine dans la paume de la main, après avoir bien lavé la région, on voit se produire presque immédiatement une sécrétion sudorable *locale* et rapide. Les premières gouttes sont toujours fortement alcalines, et cette réaction dure jusqu'à la fin. La conclusion suivante est formulée par les auteurs : *Pareille à la sueur du chat, la sueur de l'homme a une réaction constamment alcaline; sa réaction acide provient de la destruction rance du sébum cutané.*

Le jaborandi et la pilocarpine agissent chez les animaux, comme chez l'homme, sur diverses autres sécrétions (1).

Ainsi, chez le chien, le chat, le lapin, etc., il y a, sous l'influence de ces agents, exagération de la sécrétion du fluide lacrymal : les yeux se couvrent de ce liquide; quelquefois même il s'écoule hors de l'ouverture palpébrale.

Chez le lapin, on peut observer aussi une hypersécrétion du fluide laiteux provenant de la glande de Harder. C'est un phénomène qui s'est manifesté très nettement dans une expérience que j'ai faite avec M. Journiac sur un lapin curarisé et soumis à la respiration artificielle. L'effet n'était pas aussi prononcé, à beaucoup près, que celui que nous avons obtenu ensuite, en faradisant l'intérieur de la caisse du tympan, mais il est très net : on voyait sourdre ce fluide laiteux d'une façon presque incessante, et le liquide lacrymal qui recouvrait l'œil offrait une forte opalescence. L'afflux des larmes paraît précéder celui du fluide des glandes de Harder dans ces conditions; mais l'excitation sécrétoire naît peut-être en même temps dans les deux sortes de glandes.

On a observé aussi, chez les animaux, dans ces conditionss une sécrétion de mucus dans la trachée, dans les bronches; de même encore, une hypersécrétion plus ou moins manifeste de mucus nasal. J'ai même vu, dans mon laboratoire, une production notable de mucus nasal sanguinolent, chez deux chiens auxquels on avait donné une forte infusion de jaborandi. On a cherché soigneusement si ces deux chiens n'offraient pas un état morbide quelconque de la membrane muqueuse des cavités nasales et des sinus frontaux qui pût expliquer un pareil résultat; on n'en a pas trouvé la moindre trace.

Chez les animaux, on a pu voir d'autres phénomènes d'exagération

(1) Je n'ai pas vu chez le chien la sécrétion sébacée qui se produirait avec abondance, d'après M. Alb. Robin, au pourtour de l'anus.

sécrétoire, qu'il n'est pas possible de constater chez l'homme.

M. Albert Robin a été conduit, par certaines expériences, à admettre une augmentation de la sécrétion pancréatique chez les animaux. Ayant compris le duodénum entre deux ligatures, sur des lapins, après avoir préalablement vidé cette partie de l'intestin, il a vu le duodénum ainsi confiné se remplir rapidement d'un liquide légèrement opalin, de réaction alcaline, qu'il a considéré comme du fluide pancréatique. Aucun essai physiologique ou chimique n'a d'ailleurs été tenté pour s'assurer si la substance emprisonnée dans l'anse duodénale était vraiment du suc pancréatique.

Si l'on veut examiner avec soin ce que deviennent la sécrétion des diverses glandes annexes de l'appareil digestif et celle des reins, chez les animaux soumis à l'influence du jaborandi ou de son alcaloïde, il faut procéder autrement.

Sur un chien curarisé et chez lequel on pratique des insufflations pulmonaires rhythmées, en nombre à peu près égal à celui des mouvements respiratoires normaux, on place des canules dans un conduit de Wharton, dans un canal de Sténon, dans le canal cholédoque, dans le canal pancréatique, dans un des uretères. Cela fait, on mesure la quantité de liquide qui s'écoule par chacun des conduits pendant un temps déterminé, trois minutes par exemple. On injecte alors une petite quantité d'infusion de jaborandi ou de solution de chlorhydrate ou de nitrate de pilocarpine dans une veine crurale, ou bien on injecte un demi-centigramme ou un centigramme de l'un de ces sels sous la peau. L'action ne tarde pas à se produire, et c'est l'apparition d'un écoulement rapide de salive sous-maxillaire qui marque le début de cette action. La sécrétion biliaire et la sécrétion parotidienne sont influencées ensuite. L'accélération de l'écoulement du suc pancréatique ne commence en général que plus tard. A aucun moment cet écoulement ne devient aussi rapide que celui de la salive sous-maxillaire ou de la salive parotidienne. Si alors on recueille de nouveau, pendant trois minutes, les liquides écoulés par les canules, on peut évaluer, jusqu'à un certain point, pour chacune des glandes, le degré de la stimulation excito-sécrétoire exercée par le jaborandi ou son alcaloïde.

La bile s'écoule en abondance, et en conservant tous ses caractères, par la canule qui est fixée dans le conduit cholédoque. Il est certain que le jaborandi et la pilocarpine sont les cholagogues les plus énergiques que l'on connaisse, et il y aurait peut-être lieu de tenter, dans certains cas de colique hépatique, si l'on ne pourrait pas favoriser l'expulsion dans l'intestin du calcul engagé dans le canal hépatique

ou le conduit cholédoque, en faisant prendre une infusion de jaborandi au malade, ou en lui pratiquant une injection sous-cutanée de chlorhydrate ou de nitrate de pilocarpine

Le fluide pancréatique qui s'écoule abondamment aussi est absolument incolore et limpide, de fluidité aqueuse, parfois cependant légèrement muqueux : il précipite en bloc par l'acide nitrique. Le jaborandi et la pilocarpine permettent donc au physiologiste d'obtenir assez facilement le suc pancréatique, et je puis répéter ce que je disais à propos de la sécrétion de la salive parotidienne : que c'est là un moyen d'autant plus précieux, qu'il est réellement difficile de recueillir autrement une quantité notable de ce fluide. Je ne parle pas de la production du suc pancréatique, par infusion de la glande ; je ne fais allusion qu'au procédé de la fistule pancréatique. Ce procédé peut donner une certaine quantité de suc pancréatique ; mais il faut un temps assez long pour cela, et le liquide qui s'écoule, dans les conditions où se trouve placé l'animal sur lequel on a pratiqué une fistule, ne conserve pas les caractères de la sécrétion normale pendant tout ce temps. Au contraire, à l'aide du jaborandi ou de la pilocarpine, on peut obtenir, sur un chien curarisé, en quelques minutes, assez de liquide pour en faire l'essai sur des matières alimentaires.

C'est ce que j'ai pu faire à plusieurs reprises. J'ai constaté, comme je le disais tout à l'heure, que ce suc pancréatique a tous les caractères qu'il offre dans l'état normal. J'ajoute à ceux que j'ai rappelés, que le liquide pancréatique ainsi obtenu est très alcalin : il émulsionne d'une façon complète l'huile et les corps gras avec lesquels on l'agite quelques instants ; d'autre part, si on le met avec de petits cubes d'albumine cuite dans un flacon, et si ce flacon est maintenu pendant quelques heures à une température fixe de 30 à 40 degrés centigrades, l'albumine est complètement dissoute et transformée en albuminose. Ce résultat s'est produit constamment dans mes expériences, que l'animal sur lequel on recueillait le liquide pancréatique fût à jeûn ou qu'il fût à tel ou tel moment de sa digestion. Mais je n'ai pas fait d'essai quantitatif, de telle sorte que je n'ai pas pu reconnaître si la digestion de l'albumine par le suc pancréatique ainsi obtenu était plus active, comme paraît l'avoir nettement démontré M. Corvisart, dans une certaine période de la digestion que dans toute autre période ou que dans l'intervalle des digestions.

Cette action si nette du jaborandi et de son alcaloïde sur la sécrétion du pancréas ne pourrait-elle pas être mise à profit dans certains cas de dyspepsie? Ne pourrait-on pas essayer ces agents, par exemple, dans des cas de dyspepsie caractérisés surtout par la difficulté, la len-

teur de la digestion des aliments féculents ou des aliments gras, ou de ces deux sortes d'aliments?

Le suc pancréatique des chiens n'a pas d'action sur les matières amylacées, lorsqu'il est obtenu par le procédé ordinaire de la fistule sans emploi de substance excito-sécrétoire, et il en est de même quand on fait l'essai avec un liquide d'infusion du pancréas. Or j'ai constaté que les choses ne se passent pas autrement lorsque l'on fait agir sur de l'amidon hydraté du suc pancréatique rapidement sécrété sous l'influence du jaborandi ou de la pilocarpine (1).

Le jaborandi agit-il sur la sécrétion gastrique et sur la sécrétion intestinale, chez les chiens? Il semble bien en être souvent ainsi lorsqu'on injecte dans les veines de ces animaux une quantité notable et suffisamment concentrée de feuilles de jaborandi. En effet, on observe fréquemment alors que des mouvements violents du canal intestinal, accompagnés de borborygmes, se produisent peu de temps après l'injection ; puis, il n'est pas rare qu'il y ait de la diarrhée : j'y reviendrai tout à l'heure. Mais ce peuvent être là des phénomènes morbides, et l'on n'est pas autorisé à en déduire que le jaborandi exerce une action excito-sécrétoire sur les glandules de l'estomac et sur celles de l'intestin. Dans quelques expériences, je me suis appliqué à étudier ce point spécial. Pour cela, on mettait à découvert l'estomac ou l'intestin, sur un chien préalablement curarisé et soumis à la respiration artificielle; on incisait la paroi de l'une ou de l'autre de ces parties du tube gastro-intestinal, de façon à mettre largement à nu leur membrane muqueuse; on débarrassait à l'aide d'une éponge cette membrane du mucus, du liquide ou des diverses substances qui la recouvraient ; puis, après avoir examiné pendant plusieurs minutes s'il se produisait du liquide gastrique ou intestinal et en quelle quantité cette production se faisait, lorsqu'elle avait lieu, je faisais une injection d'une solution aqueuse de quelques milligrammes d'un sel de pilocarpine dans le tissu cellulaire sous-cutané. Dans quelques cas, il a paru y avoir un très léger effet sécrétoire ; mais cet effet était assez douteux pour qu'il y eût dissentiment à cet égard entre les diverses personnes qui assistaient à l'expérience, et, le plus souvent, elles s'accordaient toutes à reconnaître qu'il n'y avait aucune sécrétion. Il en a été de même dans des expériences faites à l'aide du jaborandi. En somme, on peut dire que le jaborandi et son alcaloïde

(1) J'avais constaté autrefois que les glandes salivaires du chien, prises sur un animal nouveau-né, dans certaines conditions, donnent, par infusion, un liquide pouvant transformer l'amidon hydraté en glycose. J'ai cherché à plusieurs reprises si du suc pancréatique, obtenu par le même procédé, à l'aide du pancréas de chiens nouveau nés, ne pourrait pas agir aussi, de la même façon, sur l'amidon. Le résultat des essais a toujours été négatif.

n'exercent aucune action bien nette sur la sécrétion des suc gastrique et intestinal; et l'on peut ajouter que cela est regrettable, car on aurait eu en main un moyen bien autrement efficace que l'administration de la pepsine, pour activer les digestions paresseuses, au moins dans certains cas spéciaux de dyspepsie.

Quant à ce qui concerne la sécrétion rénale, les expériences instituées comme je l'ai dit plus haut, c'est-à-dire en faisant sortir de l'abdomen, par une plaie des parois abdominales, sur un chien curarisé, un des uretères et en fixant un tube dans ce canal, montrent qu'en général le jaborandi et la pilocarpine n'ont pas d'action excitante sur le fonctionnement des reins. On sait que, dans ces conditions expérimentales, il s'écoule très peu d'urine par l'uretère; les gouttes tombent une à une, séparées par des intervalles d'une durée à peu près constante : une fois qu'une goutte s'est détachée du bout de la canule, un certain temps se passe avant qu'une nouvelle goutte apparaisse, et elle apparaît souvent d'une façon assez soudaine; elle tombe alors, ou bien elle ne se détache de l'extrémité de la canule qu'après un nombre de secondes égal à celui que l'on avait pu compter avant l'apparition de cette goutte; en un mot, la formation de la goutte et sa chute, dans les cas de ce genre, correspondent chacune à une des contractions rhythmiques de l'uretère. L'ouverture de l'abdomen, l'incision de l'uretère, l'introduction de la canule dans ce conduit de bas en haut, et la ligature de l'uretère de la canule sont tout autant de circonstances qui exercent une sorte d'influence paralysante sur la sécrétion urinaire, et il arrive alors parfois qu'il ne s'écoule pas une goutte d'urine en quinze ou vingt minutes; or, soit dans ces cas, soit dans ceux où l'écoulement de l'urine a lieu presque aussitôt après l'opération et où l'on compte deux à cinq ou six gouttes d'urine par minute, l'absorption du jaborandi ou de son alcaloïde ne produit en général aucun effet excito-sécrétoire. Il peut y avoir, au contraire, miction par le canal de l'urèthre peu d'instants après que le principe actif du jaborandi a pénétré dans la circulation. J'ai vu même l'urine s'écouler goutte à goutte par l'urèthre pendant plusieurs minutes après l'injection intra-veineuse d'infusion de jaborandi.

Les diverses hypercrinies dont nous avons parlé dépendent-elles de ce que la sueur ne se produit pas chez le chien? M. Gubler est disposé à l'admettre. Cette opinion ne me paraît pas pouvoir être acceptée. Sur quels faits se fonderait-on pour croire à une sorte de balancement fonctionnel entre les glandes salivaires, d'une part, le foie et le pancréas, d'autre part? N'est-il pas plus vraisemblable que

la pilocarpine agit sur le foie, sur le pancréas, comme elle agit sur les glandes salivaires, par un mécanisme analogue?

On voit, en résumé, tous les services que les injections sous-cutanées ou intra-veineuses soit d'infusion ou d'extrait de jaborandi, soit de sels solubles de pilocarpine, peuvent rendre aux physiologistes, en leur donnant les moyens d'obtenir en peu de temps d'assez grandes quantités de divers produits de sécrétion. D'autre part, on peut ainsi étudier, avec bien plus de facilité qu'on ne pouvait le faire auparavant, les diverses influences fonctionnelles ou expérimentales qui peuvent agir sur le travail physiologique des glandes et sur les produits de sécrétion. Nous verrons bientôt tout le parti que l'on tire du jaborandi, lorsqu'on veut examiner la question si intéressante du mode d'action du système nerveux sur le fonctionnement des organes glandulaires.

Un autre avantage, c'est que les hypercrinies provoquées par le jaborandi ou son alcaloïde permettent de faire aisément des recherches sur l'élimination des substances toxiques, médicamenteuses et autres, par les glandes. J'ai tenté dans cette direction quelques essais auxquels il a déjà été fait allusion dans la première leçon. J'ai vu, par exemple, que l'iodure de potassium injecté dans le tissu cellulaire sous-cutané, se trouve dans la salive au bout de moins de 10 minutes, tandis qu'il n'y en a pas trace dans le suc pancréatique au bout de 45 minutes. D'autre part, j'ai pu reconnaître que le sucre de fécule, injecté en faible quantité dans la veine saphène, chez un chien, passe dans la salive sous-maxillaire et dans la salive parotidienne; ce fait prend un certain intérêt lorsqu'on se souvient que, chez les diabétiques, la salive ne contient pas trace de sucre, d'après les recherches de M. Cl. Bernard, confirmées tant de fois (1). J'ai observé aussi que la salive des deux glandes salivaires principales contient une certaine proportion des matières calorantes biliaires, chez un chien dans une des veines duquel on a injecté une petite quantité de bile de bœuf filtrée et étendue d'eau. Or, ces matières ne se trouvent pas dans la salive des malades atteints d'ictère, et j'ai constaté qu'il en est de même lorsque cette salive est obtenue chez eux à l'aide d'injections sous-cutanées de chlorhydrate de pilocarpine. C'est encore à l'aide d'injections de chlorhydrate de pilocarpine que j'ai reconnu la présence d'albumine en certaine quantité dans la salive de malades atteints d'albuminurie. C'est aussi de cette façon que M. Gabriel Pouchet a pu signaler la présence du plomb dans la salive de malades

(1) Je me suis assuré, à diverses reprises, que la salive obtenue chez des diabétiques au moyen d'injections hypodermiques de sels solubles de pilocarpine, ne renferme pas de sucre.

atteints d'intoxication saturnine et ne maniant plus de préparations plombiques depuis plusieurs mois (1).

Un autre effet du jaborandi chez les chiens, lorsqu'on injecte une quantité un peu forte d'infusion de cette plante dans une veine, vers le cœur, est de produire de la diarrhée, et même cette diarrhée peut être sanguinolente. D'après les faits observés par MM. Albert Robin, Cornil, Bochefontaine et Galippe, et par moi, on trouve, dans ces cas, à l'examen nécropsique, la membrane muqueuses de l'estomac et de l'intestin très rouge, recouverte de mucus fluide, sanguinolent; ce mucus renferme une quantité extrêmement considérable de cellules épithéliales et des globules de sang. Dans certains cas, il existait, dans l'épaisseur de la muqueuse et au-dessous d'elle, de nombreuses et larges ecchymoses, qui s'étendaient parfois, presque sans interruption, dans toute la longueur de l'intestin grêle.

Les injections sous-cutanées de sels solubles de pilocarpine m'ont paru ne pas déterminer ces effets avec autant d'intensité que les injections intra-veineuses d'infusion de jaborandi; cependant ces effets se produisent aussi dès que la dose est assez élevée pour mettre la vie en danger.

Chez les chats, on voit aussi les doses toxiques de chlorhydrate ou de nitrate de pilocarpine, en injections hypodermiques, produire une vive irritation du canal gastro-intestinal. Si l'on a injecté, par exemple, plus d'un centigramme d'un de ces sels dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un chat non curarisé, cet animal, au bout de quelques minutes, sera agité, ne restera pas une minute en place; de la salive écumeuse s'échappera de la cavité buccale, puis il fera des efforts de vomissement, et il y aura, à plusieurs reprises, émission de matières fécales liquides.

On a constaté l'existence d'ecchymoses pulmonaires chez un chien, à la suite d'une injection intra-veineuse de quelques centimètres cubes d'une infusion assez forte de feuilles de jaborandi; mais il est possible qu'on ait été, dans ce cas, en présence d'embolies capillaires ayant pour condition la présence accidentelle de poussières microscopiques dans le liquide injecté.

En tout cas, comme je le faisais remarquer déjà tout à l'heure, nous sommes là en présence d'effets morbides proprement dits : on a franchi les limites du domaine de ce qu'on doit appeler les effets physiologiques, je veux parler des modifications passagères du fonctionnement normal des organes.

(1) Gabriel Pouchet. Recherches des substances médicamenteuses et toxiques dans la salive. (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 1879, II, 244.)

Le court exposé que j'ai donné de l'action du jaborandi et de son alcoloïde sur diverses glandes m'amène tout naturellement à parler de l'antagonisme qui existe entre cette action et celle de l'atropine sur les mêmes glandes. On sait que MM. Schmiedeberg et Koppe ont constaté que l'atropine empêche ou fait cesser la plupart des effets produits par la muscarine (l'alcaloïde qu'ils ont découvert, ou du moins mieux isolé qu'on ne l'avait fait avant eux, dans l'*Amanita muscaria*). Ainsi le sulfate d'atropine empêche la muscarine d'arrêter le cœur ou remet cet organe en mouvement s'il vient d'être arrêté par ce poison; il s'oppose à l'action excito-sécrétoire de la muscarine sur les glandes salivaires, ou bien il suspend l'écoulement de salive, si la muscarine avait préalablement excité la sécrétion de ce fluide, etc.

Les faits publiés par MM. Schmiedeberg et Koppe ont été confirmés peu de temps après par M. Prévost, de Genève, et par plusieurs autres physiologistes. J'ai pu, grâce à M. Prévost, qui m'avait remis une petite quantité de muscarine, les constater aussi.

Depuis cette époque, il est devenu un peu moins difficile de se procurer de la muscarine, et l'on a pu, de tous côtés, répéter les expériences de MM. Schmiedeberg et Koppe. J'aurai l'occasion de reparler de cet agent toxique à propos des poisons du cœur.

L'antagonisme que ces expérimentateurs ont mis en évidence entre la muscarine et l'atropine existe également entre le jaborandi et l'atropine, et il est facile de le constater.

Sur un chien curarisé et soumis à la respiration artificielle, on introduit et l'on fixe des tubes métalliques dans un canal de Wharton et dans un canal de Sténon, puis on injecte dans la veine fémorale, vers le cœur, une infusion de jaborandi faite avec 2 grammes de feuilles et 20 ou 30 grammes d'eau. Au bout de quelques instants, la salive coule abondamment par les tubes mis dans les canaux salivaires. Si alors on injecte par la même veine 1 à 2 centigrammes de sulfate d'atropine, en dissolution dans 4 à 5 grammes d'eau, on voit, après quelques secondes, la salivation s'arrêter complètement. Il en est de même lorsqu'au lieu d'infusion de jaborandi on a fait usage d'un sel soluble de pilocarpine et qu'on a injecté la solution aqueuse de ce sel soit dans une veine, la fémorale ou la saphène, soit dans le tissu cellulaire sous-cutané.

Si l'on a injecté d'abord une faible quantité de sulfate d'atropine, il est impossible, lorsque les effets de cette substance toxique sont manifestes, de provoquer le moindre écoulement de salive, en injectant de l'infusion de jaborandi ou une solution de sel de pilocarpine, même à haute dose, dans le tissu cellulaire, soit dans une veine.

Cet antagonisme entre le jaborandi et l'atropine existe pour la sécrétion sudorale comme pour la sécrétion salivaire. Je citerai, comme exemple, le fait que j'ai observé et publié lors des premières recherches entreprises pour étudier les effets physiologiques et thérapeutiques du jaborandi.

Un malade de mon service, à l'hôpital de la Pitié, avait pris deux pilules de sulfate d'atropine, d'un demi-milligramme chacune, à un quart d'heure d'intervalle; la seconde, vingt minutes avant de boire une infusion aqueuse de 4 grammes de jaborandi. Les effets du jaborandi ont commencé à se manifester; mais ils se sont arrêtés au bout de très peu de temps. Si le sulfate d'atropine avait été donné une heure avant l'administration du jaborandi, ou s'il avait été administré par la voie hypodermique, les effets habituels du jaborandi auraient été sans doute totalement supprimés.

L'observation d'un cas analogue avait été faite, à la même époque, en Angleterre, par MM. Sydney-Ringer et Gould.

Ces auteurs avaient fait prendre à trois malades une infusion aqueuse de jaborandi : dans le moment où la salivation et la transpiration étaient très considérables, ils firent une injection sous-cutanée d'un centième de grain de sulfate d'atropine (un demi-milligramme). Au bout de cinq minutes, la transpiration et la salivation étaient diminuées; après dix à douze minutes, elles étaient complètement arrêtées.

La constatation de cet antagonisme entre le jaborandi et l'atropine ont suggéré à MM. Sydney-Ringer et Gould un essai qui a eu un résultat intéressant. Sachant que l'atropine arrête la sécrétion du lait, ils ont essayé de l'activer en administrant du jaborandi à des nourrices, et ils ont, comme ils le prévoyaient, observé une exagération temporaire, très nette, de cette sécrétion.

Les glandes mammaires, d'après ce fait observé par MM. Sydney-Ringer et Gould (1), doivent donc être rangées au nombre de celles sur lesquelles le jaborandi produit des effets excito-sécrétoires.

L'antagonisme entre le jaborandi et l'atropine a été observé, depuis les premiers essais que je viens de rapporter, par un grand nombre de médecins et de physiologistes. Pour ce qui concerne la sécrétion sudorale, des expériences ont été faites sur le chat dès que l'on a connu la possibilité d'observer le fonctionnement de leurs glandes sudorales. M. Ostrumoff, le premier, a constaté que l'absorption préalable du sulfate d'atropine empêche, chez les chats, la production de sueur, lorsqu'on cherche à la provoquer, sur les pulpes digitales d'un

(1) M. Albert Robin a vu aussi le jaborandi agir de la même façon sur une nourrice : dans un autre cas, l'effet a été nul.

membre postérieur, par la faradisation du bout périphérique du nerf sciatique correspondant. M. Luchsinger a reconnu que l'action du chlorhydrate de pilocarpine est empêchée ou arrêtée par le sulfate d'atropine, suivant que l'on fait l'injection hypodermique de ce sulfate avant ou peu après avoir injecté sous la peau le sel de pilocarpine. Ces faits ont été confirmés de toutes parts : je me suis assuré qu'ils sont entièrement exacts et je les ai montrés plusieurs fois dans mes leçons pratiques.

D'après ce que j'ai vu en 1875, l'atropine arrête aussi la sécrétion pancréatique provoquée par le jaborandi et diminue l'abondance de la sécrétion biliaire, dans les mêmes conditions.

Il nous faudra revenir sur cette intéressante question, lorsque nous nous occuperons du mécanisme de l'action physiologique du jaborandi et de son alcaloïde.

— Le jaborandi agit d'une façon très évidente sur la circulation des animaux, surtout lorsqu'il est introduit dans l'organisme à doses considérables, toxiques. Si l'on injecte, dans la veine crurale ou dans la veine saphène, vers le cœur, sur un chien intact, ou sur un chien chloralisé, une assez grande quantité de jaborandi (4, 5, 6 gr. de feuilles en infusion dans 30 grammes d'eau), on observe un ralentissement de la circulation ; le pouls tombe à 30 ou 40 battements par minute, quelquefois il est plus rare encore. Dans les cas où une grande quantité des principes actifs du jaborandi a pénétré dans la circulation, le pouls, après s'être ainsi ralenti considérablement, s'accélère ensuite progressivement, mais s'affaiblit en même temps jusqu'à devenir filiforme, difficilement perceptible. Quand on sectionne les deux nerfs vagues sur un chien dont le pouls est simplement ralenti par le jaborandi, on ne voit pas, d'ordinaire, les battements du cœur s'accélérer sous l'influence de cette opération. Si l'on injecte de l'atropine dans la veine, le cœur reprend immédiatement ses mouvements normaux; il devient même plus rapide et plus régulier qu'auparavant.

Exp. I. — 16 mars 1875. — Chien terrier mâtiné, vigoureux, paraissant bien portant. Poids, 7 kilog.

2 *heures* 55. — Pouls (à l'artère fémorale) 128. T. R. 39°,2.

3 *heures* 10. — Injection de chloral hydraté dans la veine crurale, vers le cœur : 1 gr. 50 en solution aqueuse au cinquième. Résolution. Ronflement ; pupilles très petites, punctiformes. Pouls 148. T. R. 39°,1,

3 *heures* 20. — La température est descendue progressivement à 30°,5. Pouls 150. On injecte dans la même veine crurale 20 grammes d'une infusion filtrée, faite avec 3 grammes de feuilles de jaborandi (la totalité de l'infusion). Presque aussitôt

après l'injection, on voit les pupilles se dilater rapidement; mais elles ne restent pas dilatées; bientôt après, elles redeviennent petites, presque punctiformes. Pouls 34. Respiration 32. Efforts de vomissement.

3 *heures* 35. — Section des deux pneumo-gastriques au cou. Respiration 34. Pouls 36. T. R. 37°,8.

3 *heures* 45. — Respiration 32. Pouls 31. T. R. 37°,4.

L'animal paraît se réveiller. Injection de 1/2 gramme de chloral hydraté. Quelques instants après, injection par la veine crurale, de 7 8 gouttes de solution assez concentrée de sulfate d'atropine, mêlées à 20 grammes d'eau. Après l'injection de chloral, le pouls donnait 60 pulsations ; il en donne 96 après l'injection de sulfate d'atropine. T. R. 36°,3.

3 *heures* 55. — Pouls 120. Respiration 20. La pupille a un diamètre double de celui qu'elle offrait avant l'injection de sulfate d'atropine.

4 *heures* 3. — Pouls 144. T. R. 35°, 3.

Chez les chiens curarisés, on n'observe pas les troubles cardiaques profonds que je viens de vous signaler et qui se produisent sous l'influence de l'injection de fortes doses de jaborandi, dès la première période de l'action du médicament.

Je ne fais que vous indiquer ces derniers résultats, sur lesquels je reviendrai plus tard.

Lorsque l'infusion de jaborandi est injectée à plus faible dose, ou bien lorsqu'on pratique sur un chien une injection hypodermique d'un centigramme de chlorhydrate de pilocarpine, il y a généralement au début augmentation du nombre des battements du cœur. Chez le cheval, M. Gillet de Grandmont a vu le nombre des battements s'élever de 48 à 72 (1).

Les faits observés sur des chiens ont donné l'idée d'examiner si le jaborandi exerce aussi une influence modificatrice sur les mouvements du cœur chez les grenouilles. On a constaté que l'extrait aqueux de jaborandi, appliqué sur le cœur de ces animaux, en arrête les mouvements, comme le fait la muscarine. Je me suis plusieurs fois assuré de ce fait avec des extraits de feuilles et d'écorce du jaborandi préparés par M. Galippe. Mais, si l'on applique une goutte de sulfate d'atropine sur le cœur arrêté, on voit presque aussitôt cet organe reprendre ses battements.

Si, au lieu de mettre de l'extrait de jaborandi sur le cœur, on en introduit une assez forte quantité sous la peau de la jambe d'une grenouille, ou bien si l'on injecte sous la peau de cette même partie du membre deux ou trois gouttes d'une forte solution de l'alcaloïde du jaborandi, comme je l'ai pu faire avec du chlorhydrate de pilocarpine

(1) Gillet de Grandmont, *loc. cit.*, p. 531.

préparé par M. Hardy, les mouvements du cœur ne tardent pas à se ralentir, au point qu'on en compte, par exemple, 7 ou 8 par minute au lieu de 50. Verse-t-on une goutte d'atropine sur le cœur ainsi ralenti, les battements s'accélèrent et reprennent bientôt leur fréquence normale : ils deviennent même, en général, plus nombreux qu'avant l'injection sous-cutanée du sel de pilocarpine.

J'ai répété plusieurs fois ces expériences depuis l'époque de leur publication et j'ai vu que le chlorhydrate de pilocarpine que l'on se procure maintenant dans le commerce, a moins d'action sur le cœur que celui dont M. Ern. Hardy m'avait mis à même d'étudier les effets.

D'ailleurs, d'une façon générale, les sels de pilocarpine m'ont paru exercer sur le cœur de la grenouille une influence bien moins puissante que l'extrait aqueux de jaborandi : il se pourrait qu'il y eût dans l'extrait une substance agissant sur le cœur, qui ne se retrouverait pas dans l'alcaloïde, et qui ajouterait son action à celle que cet alcaloïde exerce dans le même sens.

Voici, à titre d'exemple, le résumé de trois expériénces faites le même jour sur des grenouilles.

Exp. II. — A. — Le 22 mars 1875, extrait *aqueux* de feuilles de jaborandi, fait par M. Bochefontaine. Infusion de 10 gr. de feuilles dans une centaine de grammes d'eau, puis évaporation au bain-marie, jusqu'à consistance d'extrait de belladone.

Goût amer et douceâtre, analogue à celui de la douce amère; pas d'odeur aromatique, pas de goût d'essence.

On met à nu le cœur d'une grenouille rousse de moyenne taille.

Le cœur bat à peu près cinquante fois par minute.

On introduit sous la peau d'une des jambes, vers le pied, une petite quantité de cet extrait à l'aide d'une allumette (à peu près le volume d'un petit pois).

L'introduction par la peau a paru produire une certaine souffrance, car l'animal s'agite assez violemment (il en est toujours ainsi).

Au bout de quatre ou cinq minutes au plus, on voit les oreillettes qui se vident incomplètement, et le ventricule ne se vide pas non plus tout à fait. L'effet est cependant, au début, plus marqué, relativement, dans les oreillettes que dans le ventricule.

Quelques instants après, le cœur s'arrête en diastole avec dilatation considérable des cavités.

L'arrêt diastolique dure un certain temps, deux ou trois minutes au moins, sans interruption. Puis il se fait une contraction régulière, mais faible, sans évacuation complète du contenu.

Au bout d'une minute environ, nouvelle contraction. Puis, au bout d'une demi-minute, les mouvements se rétablissent, faibles et très lents, trois ou quatre par minute.

On met une gouttelette de solution de sulfate d'atropine sur le cœur.

Au bout de quelques instants, on voit se produire un mouvement plus complet du ventricule et des oreillettes; puis ces mouvements, en très peu de secondes, reprennent leur énergie et leur rapidité normale.

B. — Même expérience sur une autre grenouille.

Il n'y a qu'un ralentissement considérable et un grand affaiblissement de la contraction des ventricules.

Le nombre descend de 50 à 18 par minute, et il n'y a pas de retrait complet des cavités; la contraction est molle : les cavités restent en grande partie pleines. Une goutte de solution aqueuse de sulfate d'atropine, *introduite sous la peau* de l'autre jambe, ramène, au bout d'un certain temps, le nombre des mouvements au chiffre primitif, et les contractions reprennent leur force première.

C. — Même expérience sur une grenouille de même espèce et de même taille.

Toujours extrait aqueux sous la peau de la jambe gauche.

Au bout d'un certain temps, ralentissement portant surtout sur le ventricule. Les oreillettes se contractent; les ventricules se contractent ensuite d'une façon incomplète, plus incomplète que les oreillettes; puis, au moment où a eu lieu la diastole ventriculaire, il y a une nouvelle contraction très complète des oreillettes non suivie de contraction des ventricules.

Puis nouvelle contraction des oreillettes, suivie d'une contraction des ventricules (molle, incomplète); et, au moment de la diastole ventriculaire, nouvelle systole auriculaire, non suivie de contraction des ventricules, et ainsi de suite.

Le sulfate d'atropine ramène les mouvements du cœur à l'état normal : ces mouvements sont même, au bout de quelques instants, plus fréquents qu'au début de l'expérience.

On voit que l'antagonisme entre le jaborandi et l'atropine existe pour le cœur comme pour les glandes salivaires, sudoripares, mammaires, etc.

D'après M. A. Robin, la tension du sang diminue chez les animaux qui sont sous l'influence du jaborandi, comme chez l'homme. Tous les auteurs sont d'accord sur ce point. Il suffit de jeter les yeux sur les tracés sphygmographiques donnés par M. Gillet de Grandmont pour s'en convaincre, au moins pour ce qui concerne les effets sur l'homme. Il n'en est pas ainsi chez les animaux curarisés : MM. Bochefontaine et Carville ont montré que la tension demeure alors à peu près invariable.

Ce médicament augmente la température chez certains animaux, au moins pendant la première période de son action et lorsque la dose est assez considérable : la température rectale est montée, chez un chien non curarisé et non chloralisé, de 38°,5 à 40°1. Ce résultat est d'accord avec les observations faites par M. Alb. Robin sur l'homme : il diffère au contraire absolument de celui qu'avaient obtenu MM. Sydney-Ringer et Gould. Ces physiologistes avaient vu, en effet, la tem-

pérature s'abaisser, pendant l'action du jaborandi, de 0°,4 à 1°,4 Fahr. (0°,22 à 0°77 C.), sauf dans un cas, où il y avait eu une élévation de 0°,4 Fahr. (0°,22 C.), mais d'une façon très passagère.

Disons encore que, d'après M. Gillet de Grandmont (1), il y aurait une augmentation des globules du sang; de 700,000 environ par millimètre cube. Cette augmentation serait très passagère; elle ne serait plus reconnaissable dès le lendemain.

Enfin MM. Bochefontaine et Galippe ont étudié, snr des chiens, l'action du jaborandi sur la pupille. Dans le cours de leurs expériences, ils avaient vu les pupilles se dilater, quand ils injectaient par la veine fémorale une assez forte quantité d'infusion de jaborandi (2). Mais cet effet n'est pas le résultat d'une action propre du jaborandi sur l'iris ou les extrémités des fibres nerveuses qui s'y distribuent; il résulte, comme je l'avais présumé, et comme ces expérimentateurs l'ont constaté, en suivant mes indications, de l'excitation des extrémités intra-abdominales du grand sympathique. Si, en effet, les nerfs vago-sympathiques sont sectionnés au cou, les injections intra-veineuses de jaborandi ne produisent plus de mydriase; il y a plutôt tendance au resserrement des pupilles; mais le phénomène est douteux à cause du rétrécissement de ces orifices déterminé par la section des cordons sympathiques cervicaux. Pour bien s'assurer de l'action réelle du jaborandi sur la pupille, MM. Bochefontaine et Galippe ont mis directement de l'extrait de jaborandi sur le globe oculaire, et ils ont constaté la production d'un myosis considérable. Dans les expériences faites avec l'extrait d'écorce de tiges de jaborandi, le myosis était tellement intense qu'on avait peine à distinguer l'orifice pupillaire, littéralement réduit à un point. Le myosis déterminé par l'application directe d'une petite quantité d'extrait de jaborandi sur l'œil diminue, quand on applique sur l'œil quelques gouttes d'une solution de sulfate d'atropine. L'antagonisme entre l'atropine et le jaborandi existe donc aussi pour les effets pupillaires comme pour l'action sur le cœur et les glandes.

Ce que nous venons de dire de l'extrait de jaborandi s'applique aux sels de pilocarpine. On doit dire pourtant que les injections sous-cutanées ou intra-veineuses ne produisent pas toujours une mydriase bien nette. On voit même, le plus souvent, se manifester, au bout d'un temps assez court, un resserrement notable des pupilles (chiens).

(1) *Loc. cit.*, p. 539.

(2) Il en serait de même chez les chats, après une injection d'une certaine quantité de jaborandi dans la veine jugulaire (Pilicier, *Contribution à l'étude du jaborandi*, thèse de Berne, 1875). — Citation de M. Gysi, thèse inaugurale de Berne, 1879.

Chez les grenouilles, l'injection de petites doses d'un sel soluble de pilocarpine (0 gr. 002) dans la cavité abdominale provoquerait un resserrement des pupilles; l'injection de fortes doses, de 0,006 à 0,01, produirait au contraire une dilatation : la pilocarpine n'aurait aucune action sur les pupilles de la tortue d'Europe (1).

— Il est impossible de savoir dès à présent quel rang le jaborandi est destiné à tenir dans la thérapeutique; mais de nombreux essais ont été faits pour déterminer les cas dans lesquels il pourrait être utilement employé; il est donc nécessaire de savoir à quelle dose il peut devenir toxique. Diverses expériences ont été instituées pour atteindre ce but.

M. A. Robin a vu la mort se produire, chez un cobaye, deux heures et demie après une injection sous-cutanée de 1 gr. 70 d'extrait de jaborandi, en dilution dans 10 grammes d'eau. L'injection de ce liquide avait été faite en plusieurs fois, dix fois environ, dans l'espace d'une demi-heure. Cette quantité paraîtra très considérable, si l'on se représente que l'extrait injecté contenait les principes actifs de vingt grammes de feuilles de jaborandi.

M. E. Hardy a fait une recherche du même genre avec le chlorhydrate de pilocarpine non cristallisé qu'il venait de préparer pour la première fois. Un demi-centimètre cube d'une solution aqueuse non titrée, mais très diluée de ce sel, introduit sous la peau d'un cobaye, dans mon laboratoire, a tué l'animal au bout d'une heure et demie : on a constaté d'abord de la salivation, du larmoiement, de la diarrhée puis un affaiblissement progressif; la mort n'a été précédée ni par de la paralysie des membres, ni par des convulsions.

D'après M. Gillet de Grandmont, une souris est tuée en plusieurs heures, par un quart de centigramme de nitrate de pilocarpine (2).

L'introduction de fortes quantités d'extrait de jaborandi sous la peau de la jambe, faite sur plusieurs grenouilles, n'a produit que des effets passagers.

D'autre part, dans les nombreuses expériences que j'ai faites sur le jaborandi, il m'est arrivé d'injecter dans les veines, chez des chiens de taille moyenne, une infusion de 10 et même 12 grammes de feuilles de jaborandi, sans déterminer la mort. MM. Bochefontaine et Galippe ont également pratiqué sur des chiens des injections intraveineuses d'infusions faites avec les mêmes doses de feuilles ou d'écorce des tiges de jaborandi, et la mort n'a eu lieu qu'une fois seulement. L'infusion faite avec l'écorce leur a toujours paru plus

(1) Edwin Gysi, *loc. cit.*, p. 34.
(2) *Loc. cit.*, p. 531.

active que l'infusion de feuilles. Voici un résumé du fait d'intoxication mortelle qu'ils ont observé.

Exp. III. — 4 mars 1875. — Chien mâtiné, de petite moyenne taille, chez lequel les pupilles sont un peu dilatées.

2 *heures* 35. — On injecte dans la veine fémorale de l'animal *trente grammes* d'une infusion de feuilles de jaborandi (données par M. Coutinho). L'infusion représente, comme volume, 90 grammes d'eau et contient le principe actif de 10 grammes de feuilles, environ; elle a été filtrée avec soin avant l'expérience; cependant elle est trouble, au lieu d'être limpide, comme le sont ordinairement les infusions de feuilles de jaborandi.

2 *heures* 37. — La dilatation des pupilles a augmenté; sialorrhée, larmoiement.

Deuxième injection de *trente grammes* de l'infusion de feuilles de jaborandi. L'animal s'agite et vomit.

2 *heures* 40. — Troisième injection de *trente grammes* de la même infusion. Les vomissements, le larmoiement, la sialorrhée continuent. Les pupilles sont très dilatées.

Pouls très petit, inégal : 100 pulsations par minute, très faible; faux pas du cœur. Ecoulement de mucus sanguinolent par les narines. Miction.

2 *heures* 53. — Les pupilles sont revenues à leur état du début de l'expérience. Vomissements. Diarrhée considérable, faiblesse des membres.

5 *heures*. — Les pupilles ont notablement diminué de grandeur.

Les vomissements ont continué par des intervalles.

5 *heures* 30. — Même état des pupilles. L'animal trébuche sur ses membres.

5 mars 1875. — L'animal est mort dans la nuit.

Nécropsie :

Poumons. — Nombreuses petites ecchymoses semées sur toute la surface des poumons et présentant une teinte très-rouge avec un point plus foncé au centre.

Estomac. — Vive rougeur de la muqueuse stomacale, qui est couverte de mucus sanguinolent. Ce mucus contient une grande quantité de cellules épithéliales et des globules rouges abondants.

Intestins. — Muqueuse couverte d'une couche rouge foncée, qui ressemble à une couche de sang coagulé et s'étend dans toute la longueur de l'intestin grêle. Ce mucus est rempli de globules de sang, de cellules épithéliales et de cellules cylindriques à cils vibratiles. Les villosités de l'intestin sont pleines de sang extravasé.

(Estomac et intestin présentés à la Société de biologie).

Foie congestionné.

Rate. — Nombreuses saillies rouge brun à la surface de la rate. Cette couleur s'étend jusqu'à une certaine profondeur dans l'organe.

Vessie. — Normale. L'urine qu'elle contient ne renferme pas d'albumine ni de sucre.

J'ai cherché à déterminer la dose de nitrate de pilocarpine produisant des effets mortels sur les chiens, soit en injections intra-veineuses, soit en injections hypodermiques.

Voici un résumé des quelques expériences que j'ai faites pour me renseigner sur ce point.

Exp. IV. 20 octobre 1879. — Chien de chasse mâtiné, de forte taille, pesant environ 20 kil. Pupilles un peu grandes.

3 *heures* 5. — On commence à injecter en divers points de la peau du dos, des flancs, du pli de l'aine et des aisselles une solution de nitrate de pilocarpine (20 centigrammes dans 15 grammes d'eau).

3 *heures* 7. — Salivation.

3 *heures* 9. — Abattement, vomissements muco-spumeux.

3 *heures* 10. — Vomissements muco-spumeux; l'urine coule à peu près constamment goutte par goutte. Anhélation; l'animal tire la langue comme un chien qui vient de courir pendant longtemps. Effort de défécation. On ne peut pas apprécier l'état du cœur.

3 *heures* 14. — Vomissements spumeux.

3 *heures* 20. — Selle molle; frissons avec tremblement assez fort de tout le corps. Ce tremblement empêche de compter les battements du cœur ou ceux de l'artère fémorale. Pupilles un peu grandes.

3 *heures* 25. — Faiblesse générale; l'animal fléchit sur ses membres et de temps en temps se couche. Il ne semble pas qu'il y ait de sudation des pattes. Pas de sécrétion sébacée du pourtour de l'anus. Larmoiement. L'écoulement d'urine continue à se faire goutte par goutte et de temps à autre par jet. Par instants, l'animal s'affaisse sur son train postérieur et a de la peine à se relever. Vomissements bilieux; diarrhée liquide. Les frissons continuent.

3 *heures* 55. — Vomissements muco-bilieux.

4 *heures* 30. — Efforts vains de défécation avec aboiements plaintifs; il semble y avoir des coliques ou des épreintes douloureuses.

5 *heures* 20. L'animal est calme et ne présente pas d'autres phénomènes que de la salivation persistante.

Le lendemain, il est revenu à l'état normal.

On voit que la dose considérable de 0 gr. 20 de nitrate de pilocarpine en injection hypodermique n'a produit que des accidents passagers. Parmi ces accidents je signalerai surtout le frissonnement de toutes les parties du corps, phénomène que nous avons toujours constaté dans les cas où les chiens ont absorbé une grande quantité de pilocarpine et qui a été vu aussi, comme je l'ai dit, chez l'homme par divers observateurs.

Sur le chien de l'expérience suivante, l'injection du sel de pilocarpine a été faite dans la veine.

Exp. V. 22 octobre 1879. — Même chien.

2 *heures* 55. — On commence à injecter par la veine saphène, vers le cœur, une solution de 20 centigrammes de nirate de pilocarpine dans 25 grammes d'eau.

L'injection est faite avec précaution : on injecte d'abord 3 centimètres cubes de la solution, puis 3 autres centimètres cubes. On injecte ensuite 5 centimètres cubes à la fois. Ces trois injections sont faites de 2 heures 55 à 3 heures 10.

Salivation presque aussitôt aprés la première injection ; puis, bientôt après, défécation. Le cœur se trouble au point qu'on ne peut compter les battements de l'artère fémorale ; la palpation du thorax ne renseigne pas autrement sur l'état du cœur.

Après la deuxième injection, diarrhée liquide, qui recommence à 3 heures 25.

L'injection des 25 centimètres cubes de solution est terminée à 3 heures 30. Les pupilles sont dans le même état qu'au début de l'expérience.

Pas de sudation des pulpes digitales.

L'animal, mis en liberté, est affaibli ; il se tient couché sur le ventre. La salivation continue ; efforts de vomissements ; frisson général incessant qui ne permet pas de compter les battements du cœur ni les pulsations de l'artère fémorale.

A 5 heures 30, l'animal, encore affaibli, se promène de temps en temps dans le laboratoire, puis se recouche. Il a toujours du tremblement.

Le lendemain matin, l'animal paraît assez bien portant ; cependant il vomit une fois du mucus spumeux ; mais il est vif et caressant comme avant l'expérience ; il boit un peu d'eau et mange à peine. L'après-midi, il semble revenu à son état normal. Les pupilles n'ont pas changé.

On a donc injecté dans la veine saphène de ce chien, vers le cœur, la même quantité de sel de pilocarpine que celle qui avait été introduite deux jours auparavant dans le tissu cellulaire. L'animal n'a pas été tué. Il a été très souffrant pendant plusieurs heures, à un plus haut degré que la première fois; le lendemain, il était encore souffrant dans la matinée; mais dans l'après-midi, il était tout à fait rétabli. Quoiqu'on ne puisse pas conclure d'une façon absolue de ce qui a lieu chez le chien à ce qui concerne l'homme, on peut pourtant penser, d'après ces faits, que le nitrate de pilocarpine, malgré sa puissance d'action physiologique, n'est doué que d'une faible énergie toxique.

C'est là une conclusion que confirme encore l'expérience qui suit.

Exp. VI. — 23 Octobre 1879. — Chien de chasse vieux, de moyenne taille pesant environ 15 kilogrammes.

3 *heures* 50. — Injection dans une veine saphène de 25 centimètres d'azotate de pilocarpine dissous dans 25 centimètres cubes d'eau.

Presque aussitôt après le commencement de l'injection, la salivation commence, puis les troubles cardiaques se manifestent.

Des frissons se montrent avant que l'animal soit détaché pour être mis en liberté.

Vomissements muco-spumeux.

Efforts de défécation vains, accompagnés d'aboiements plaintifs.

Aboiements répétés sans cause apparente. Pupille un peu rétrécie (un des yeux est atrophié par suite d'anciennes lésions).

Diarrhée liquide peu abondante, affaiblissement, titubation.

4 *heures* 40. — Vomissement bilieux. Les frissons sont moins marqués. La pupille est encore rétrécie.

4 *heures* 43. — Efforts de vomissement.

5 *heures* 20. — Effort de vomissement. L'animal est faible; les phénomènes d'intoxication à l'exception de la salivation, ont cessé.

24 OCTOBRE 1879. — L'animal est faible; c'est tout ce qui paraît rester de l'action de la pilocarpine.

Ce chien était de moins forte taille que le précédent et pourtant il a résisté à une injection intra-veineuse de 0 gr. 25 de nitrate de pilocarpine. Il est probable que c'est là une dose voisine de la dose mortelle. C'est ce que semble prouver l'expérience suivante :

EXP. VII. — 21 OCTOBRE 1879. — Petite chienne blanche, pesant 5 kilogrammes.

3 *heures* 15. — On commence à injecter sous la peau de l'aisselle, du pli de l'aine, du dos, du thorax et des flancs, une solution d'azotate de policarpine contenant 30 centigrammes de sel pour 25 grammes d'eau. L'injection est terminée à 3 heures 20. Les phénomènes caractéristiques, salivation, troubles cardiaques, vomissements, défécation et diarrhée, frisson intense et continuel, se manifestent comme chez le chien de l'expér. IV.

Comme chez ce chien, on ne voit pas de sécrétion sébacée au pourtour de l'anus ni de sudation des pattes. Affaiblissement général considérable. Les pupilles sont manifestement rétrécies et l'urination peu considérable. A 5 heures 20, l'animal est moins faible, et la salivation continue. Les autres phénomènes ont disparu.

Le lendemain dans la matinée la chienne est trouvée morte.

NÉCROPSIE : *Poumons*. — Emphysème de la plus grande partie des poumons. Affaissement en d'autres points avec quelques petites ecchymoses.

Estomac. — Plein de liquide sanguinolent : violente congestion de la muqueuse.

Intestins. — Remplis de liquide sanguinolent, avec congestion extrême de toute la muqueuse des intestins.

Foie. — Très congestionné, gorgé de sang noir.

Reins. — Id.

Rate. — Rien de particulier.

Vessie. — Ratatinée ; muqueuse congestionnée.

Cœur. — Ecchymoses sous-endocardiques sur les saillies des piliers du ventricule gauche. Ecchymose dans l'épaisseur de la valvule mitrale. Cette ecchymose, examinée à l'aide du microscope, se présente sous forme d'un petit amas de globules sanguins recouvrant les vaisseaux de la valvule, lesquels sont fortement remplis de sang.

Sang. — Les globules sanguins ont conservé leur forme normale. Peut-être le plasma est-il un peu teinté, comme s'il contenait de l'hémoglobine dissoute ; mais cela est douteux.

La mort a eu lieu chez ce chien sous l'influence d'injections hypodermiques de nitrate de pilocarpine, faites coup sur coup et constituant en tout une dose de 0 gr. 30 dans 25 centimètres cubes d'eau.

Les phénomènes qui ont précédé la mort ont été les mêmes que ceux qui ont été observés dans les expériences précédentes, et les lésions étaient semblables à celles qui ont été constatées dans le fait, cité plus haut, de MM. Bochefontaine et Galippe.

On remarquera sans doute que l'infusion de feuilles de jaborandi est plus toxique, injectée dans les veines, que la solution aqueuse de nitrate de pilocarpine, puisqu'il a suffi, dans l'expérience de MM. Bochefontaine et Galippe, pour tuer un chien de petite taille, de l'injection intra-veineuse d'une infusion de 10 grammes de feuilles dans 90 grammes d'eau, quantité qui ne représente pas sans doute plus d'un centigramme de pilocarpine.

Les lésions trouvées chez le chien dans l'expérience VII, et chez celui de l'expérience de MM. Bochefontaine et Galippe, ont été signalées aussi chez d'autres animaux.

MM. Alb. Bouley et P. Bouley ont examiné l'état des organes sur des cobayes morts, lorsque les effets produits par l'injection souscutanée d'une solution de 1 à 2 grammes d'extrait aqueux avaient atteint le plus haut degré d'intensité. Ils ont trouvé dans l'estomac une grande quantité de salive sous forme de liquide spumeux et très alcalin, une congestion vive des glandes salivaires et des tissus circonvoisins, ainsi qu'une distension des veines du plancher buccal par du sang noir.

L'estomac et l'intestin étaient aussi très congestionnés; il y avait même de petites ecchymoses dans l'épaisseur de leur paroi, et leur contenu était liquide.

Ces expérimentateurs ont constaté les mêmes lésions sur le lapin.

Chez l'homme, des phénomènes toxiques se manifestent dès qu'on élève un peu la dose du sel de pilocarpine injecté sous la peau; mais on ne connaît pas jusqu'ici de faits d'empoisonnement mortel. Il faudrait sans doute des doses considérables pour mettre la vie en danger.

M. Pitois (1) a essayé sur lui-même l'effet de doses un peu élevées de sels de pilocarpine. Il n'a pas pu aller au delà de 5 centigrammes en injection sous-cutanée. Sous l'influence de cette dose, il s'est trouvé dans un état de malaise extrême : sensation de distension cérébrale, état nauséeux et vomissements, faiblesse considérable,

(1) E. Pitois, *Jaborandi et pilocarpine*, Thèse inaugurale, Paris, 1879, n° 162, p. 16 et 17.

respiration parfois suspirieuse et entrecoupée, pouls très rapide et presque imperceptible (après augmentation initiale de force), vue obscurcie, frissonnements, hébétude, puis sommeil lourd, paresse physique et intellectuelle pendant deux jours. M. Pitois avait déjà observé des effets analogues, quoique moins marqués, sous l'influence de doses de 35 milligrammes, et l'un de ses amis qui s'était prêté à des expériences du même genre n'avait pu supporter plus de 45 milligrammes ; aux phénomènes que nous venons d'indiquer il faut ajouter les suivants, qui s'étaient manifestés aussi chez les expérimentateurs : des coliques fort douloureuses, des épreintes rectales parfois intolérables et de la diarrhée.

On voit qu'il y aurait des inconvénients sérieux à dépasser pour l'emploi thérapeutique, les doses sur lesquelles, d'ailleurs, un accord à peu près unanime n'a pas tardé à se faire. Il faut éviter autant que possible de provoquer des accidents gastro-intestinaux et des troubles cardiaques ; et pour cela, il ne faut pas, à moins qu'on ne poursuive un but spécial, prescrire au delà de 2 centigrammes de sel de pilocarpine en injection hypodermique, surtout si l'on fait usage du chlorhydrate.

— Les sels solubles de pilocarpine produisent-ils des troubles physiologiques particuliers chez les animaux invertébrés ?

J'ai injecté 2 à 3 centigrammes de chlorhydrate de pilocarpine, en solution aqueuse formant quatre ou cinq gouttes de liquide, dans la cavité viscérale de deux escargots (*H. pomatia*) de forte taille, en introduisant la canule de la seringue de Pravaz au travers du pied de ces animaux. Les escargots se sont retirés dans leur coquille ; il y a eu issue d'un peu de sang par la ponction et sécrétion d'une certaine quantité de mucus (mais pas en plus grande abondance que sous l'influence d'une injection d'eau pure). On a constaté quelques mouvements sur place lorsqu'on touchait le corps de ces animaux ainsi revenus sur eux-mêmes ; mais ces mouvements ne paraissaient pas avoir le moindre caractère convulsif. Le lendemain, les deux escargots étaient dans l'état normal et avaient repris la liberté de leurs allures.

Une expérience du même genre a été faite sur des écrevisses. L'injection du sel de pilocarpine, à la même dose, était pratiquée dans l'intervalle de deux anneaux. Il y a eu un peu d'affaissement des écrevisses pendant deux ou trois heures : elles ont ensuite recouvré toute leur vivacité.

(*A suivre.*)

LA MYOPIE

Par Landolt.

Je prends pour thème de cet article un sujet, la myopie, sur lequel il a été déjà tant parlé et tant écrit, parce que, malgré tout, le dernier mot sur cette question est loin d'avoir été dit. En outre, mes observations personnelles m'ont ouvert des vues qui diffèrent des opinions généralement admises et qui contribueront, je l'espère, à faire faire un pas en avant dans la connaissance et, par conséquent, dans le traitement de la myopie.

La myopie (*vue basse*) est l'état de l'œil dans lequel celui-ci ne voit nettement qu'à une courte distance et qui, pour voir de loin, a besoin de verres négatifs (concaves). Cet état provient de ce que le foyer de l'appareil dioptrique de l'œil est situé *en avant* de la rétine de celui-ci. Pour que l'image d'un objet tombe sur la rétine même, comme cela est nécessaire pour une perception nette, l'objet doit être rapproché de l'œil jusqu'à ce qu'enfin son image tombe sur la rétine. Si l'objet reste à une grande distance, la force réfringente de l'œil doit être diminuée d'une quantité telle que l'image se forme non pas au foyer de son système dioptrique, mais plus en arrière, sur la rétine. Cette diminution de la force réfringente d'un œil est obtenue précisément à l'aide de verres concaves.

La myopie est donc le symptôme d'une disproportion entre la force réfringente et la longueur de l'œil.

Nous pouvons dire que l'œil myope est trop long par rapport à la force de son appareil dioptrique, ou que l'appareil dioptrique de l'œil myope est *trop fort* par rapport à sa longueur.

Cette disproportion n'a pas besoin d'être considérable en apparence, pour produire déjà des degrés assez élevés de myopie. Ainsi, mes calculs m'ont prouvé que chaque millimètre d'augmentation de la distance qui sépare la rétine du foyer produit une myopie de 3.3 D. (ancien 1/12). Si, par exemple, la rétine est située à 1 millimètre derrière le foyer de l'œil, nous obtenons une myopie de 3.3 D., c'est-à-dire que l'œil, pour voir à distance, a besoin de l'ancien n° 12, et ne voit nettement qu'à 12 pouces. Si la rétine s'écarte d'un deuxième millimètre du foyer, la personne ne voit plus avec netteté qu'à une distance de 6 pouces et a besoin, pour voir de loin, de l'ancien n° 6 concave (6.6 D.). Un écart de 3 millimètres entre le foyer et la rétine produit une myopie de 1/4, c'est-à-dire que l'œil a besoin du verre

concave 4, qui est déjà très fort, et ne voit plus nettement au delà d'une distance de 4 pouces; etc.

Si nous cherchons à nous expliquer comment cette disproportion entre la longueur et la force réfringente de l'œil se produit, nous cherchons par là même la CAUSE DE LA MYOPIE.

Je distingue surtout trois causes de la myopie :

1° Un œil peut être absolument sain dans toutes ses parties et fonctionner normalement; sa cornée et son cristallin sont d'une forme irréprochable, les membranes toutes absolument normales, et l'accommodation en parfait état; seulement, l'œil est un peu trop long, c'est-à-dire que le foyer de son système dioptrique est situé en avant de la rétine, au lieu d'être situé sur la rétine même. Il n'y a donc rien là qui doive étonner, vu la petite différence de longueur qu'il faut pour produire la myopie dans un œil emmétrope; d'autant moins qu'il existe un bien plus grand nombre d'yeux dans lesquels, sans cause morbide, le foyer est situé *en arrière* de la rétine, et qui sont alors hypermétropes (vue trop longue). Il y aurait lieu, au contraire, de s'étonner si tous les yeux se développaient avec une telle régularité que le foyer de leur système dioptrique tombât toujours exactement sur leur rétine.

Les yeux qui appartiennent à cette catégorie de myopie ne sont pas malades; ils sont aussi sains que des yeux d'hypermétropes ou d'emmétropes; ils voient, à l'aide de leur verre correcteur, à grande distance, tout aussi bien qu'un œil normal, et sans verres, mieux même, à courte distance. Ils soutiennent, surtout, plus longtemps, et avec moins de fatigue qu'un œil normal, le travail de près, précisément parce que, par leur construction, ils sont déjà accommodés pour une courte distance, et en conséquence voient avec peu ou point d'accommodation (1).

Tout le monde connaît des myopes de ce genre, plus et mieux peut-être que les oculistes. Ce sont des personnes qui, dans leur jeunesse, ont choisi elles-mêmes leurs verres correcteurs, les ont portés sans cesse, inutilement même, peut-être pour lire et écrire. Avec l'âge, quand l'accommodation commence à diminuer, ils restreignent l'usage des verres concaves à la vision à distance; de près, ils voient admirablement sans verres, tandis que des yeux normaux au même âge sont devenus presbytes et ont besoin de verres convexes.

Cette forme de myopie n'est pas heureusement aussi rare qu'on pourrait le croire, d'après les traités d'oculistique. Mais, comme nous

(1) Ils distinguent des détails qui ne seraient pas perceptibles pour un œil normal, parce qu'ils obtiennent des images rétiniennes plus grandes.

l'avons dit, elle est caractérisée par ce fait que les yeux qui en sont atteints ne présentent rien d'anormal, ni à l'extérieur, ni à l'intérieur, et voient nettement à distance avec le verre correcteur et sans fatigue de près. Voilà pourquoi l'oculiste a rarement l'occasion de les observer. S'ils se présentent à lui, il est frappé par la précision des réponses que ces personnes lui font pour le choix de lunettes, à moins toutefois que la myopie ne soit compliquée d'astigmatisme. Ces myopes choisissent promptement le verre qui convient au degré de leur amétropie, refusent les verres plus faibles et surtout ceux qui sont trop forts. Aussi le degré de myopie qu'on trouve à l'aide de l'ophthalmoscope correspond-il habituellement au verre que le malade a choisi.

Cette myopie est souvent congénitale; elle a peu de tendance à augmenter; elle ne peut pas être guérie, c'est-à-dire changée en emmétropie, ce qui, du reste, pour de faibles degrés de myopie, ne serait même pas à désirer.

2° La *seconde forme de myopie* est due à un spasme du muscle ciliaire. Par suite, le cristallin devient plus convexe, rassemble les rayons lumineux plus près de lui et adapte l'œil pour de courtes distances.

Cette forme de myopie s'observe surtout dans le jeune âge; les malades ne voient à distance qu'à l'aide de verres concaves. Ils travaillent de près habituellement sans lunettes, mais ont une tendance à rapprocher les objets très près, et, contrairement à ce que l'on observe chez ceux de la première catégorie, se plaignent de fatigue, de sensation de cuisson dans les yeux, de douleurs de tête, en un mot de phénomènes d'asthénopie. Dans ces cas, on trouve assez communément de l'insuffisance des muscles droits internes.

Quand on choisit leurs lunettes, les réponses qu'ils font manquent de précision, et ils préfèrent les verres plus forts aux verres plus faibles, même quand les premiers n'améliorent en aucune façon leur acuité visuelle.

Si l'on détermine l'amplitude d'accommodation d'un tel œil, et si on la compare au degré de la myopie, cette force accommodatrice paraît être anormalement faible, jusqu'à ce que la détermination de la réfraction à l'ophthalmoscope donne l'explication de ce phénomène.

Pendant l'examen à l'ophthalmoscope, l'œil détend son accommodation, comme c'est le cas chaque fois que l'œil ne fixe pas (ainsi dans le sommeil, par exemple), et le véritable état de réfraction se manifeste. On est quelquefois étonné de trouver ainsi un degré de myopie

beaucoup moins élevé que celui qu'on a trouvé dans le choix des lunettes, ou même de rencontrer de l'emmétropie ou de l'hypermétropie.

Cette forme de myopie est guérissable à l'aide d'une cure par l'atropinisation, rationnellement dirigée, et combinée quelquefois avec l'usage de verres convexes et de verres prismatiques.

J'ai guéri bon nombre de myopes de cette sorte. Je me permets de citer, entre autres, ici, l'exemple d'un jeune homme de quinze ans, qui ne voyait, à distance, qu'à l'aide du verre concave 6 et ne voyait sans verre aucune des grandes lettres-types de nos échelles typographiques. La myopie avait augmenté assez rapidement ; il se servait de verres concaves même pour le travail de près, et se plaignait de phénomènes asthénopiques très prononcés. Il s'effrayait beaucoup de voir encore augmenter sa myopie.

L'ophthalmoscope me démontra qu'il n'y avait pas là de myopie, mais même un léger degré d'hypermétropie. Une cure par l'atropinisation fut aussitôt instituée et la myopie guérie. Les douleurs de tête, la fatigue des yeux disparurent, et le jeune homme voit maintenant de loin et de près sans lunettes et sans fatigue.

C'est dans ces cas que la détermination ophthalmoscopique de la réfraction affirme sa supériorité. Il n'y a pas de doute que l'atropinisation ne puisse conduire au diagnostic, mais il est fort désagréable au malade de se faire paralyser l'accommodation pour plusieurs jours, et la paralysie complète est une condition essentielle pour obtenir un résultat précis.

Aussi l'oculiste qui n'est pas capable de diagnostiquer, à l'aide de l'ophthalmoscope, le spasme de l'accommodation, n'osera-t-il pas, et pour cause, proposer au malade une cure par l'atropine; tandis que celui qui a constaté la différence entre l'état de réfraction au repos et dans la fixation de l'œil peut promettre, avec certitude, au malade la guérison ou tout au moins l'amélioration de son mal.

3° La myopie peut être produite par une *maladie de l'œil* (choroïdite).

La choroïde, située entre la sclérotique et la rétine, forme la partie principale du tractus uvéal (iris, corps ciliaire et choroïde). Elle est la membrane par excellence de l'organe de nutrition de l'œil. Est-elle altérée, toutes les parties du globe oculaire peuvent l'être avec elle.

Rappelons ici l'ensemble des phénomènes qui caractérisent la choroïdite et qu'on a dissociés d'une façon irrationnelle en différentes maladies, désignées par des noms différents, mais qui sont toujours la même affection, qui est manifestée sous des formes diverses.

La choroïdite commence par une hyperémie de la choroïde et, presque toujours, du nerf optique. Il s'ensuit des exsudations sous la rétine, dans le tissu de la rétine et dans le corps vitré. Tandis que les premières peuvent entraîner jusqu'au décollement de la rétine, les dernières deviennent une cause d'augmentation de la pression intra-oculaire, dont nous parlerons tout à l'heure, et d'opacités du corps vitré; en même temps, on observe l'altération du pigment des membranes du fond de l'œil, en certains points, et son agglomération en d'autres points sous forme de plaques foncées. La nutrition du cristallin et du corps vitré en souffre. Ce dernier se liquéfie, comme le savent tous ceux qui ont opéré des yeux de ce genre, opération assez fréquente, parce que le cristallin s'opacifie, principalement à partir du pôle postérieur. La zone de Zinn peut s'atrophier en partie et, sous l'influence d'une cause particulière, venir à se rompre. On observe, dans ces cas, la luxation du cristallin, qui tombe dans le corps vitré liquéfié.

La pression intra-oculaire doit nécessairement augmenter sous l'influence de l'hyperémie de la choroïde.

Comme nous l'avons dit, la sclérotique, si intimement liée à la choroïde, a participé au processus pathologique; son tissu a perdu de sa résistance; elle devient, en partie, transparente, comme nous le constatons tous les jours sur des yeux atteints de choroïdite des parties antérieures du globe oculaire, et surtout de cyclite.

La sclérotique, ainsi altérée, cède à l'augmentation de la pression intra-oculaire; c'est pourquoi la tonométrie n'en révèle que rarement l'existence.

Lorsque la choroïdite a son siège dans les parties antérieures, nous observons des ectasies des parties antérieures du globe. A-t-elle son siège dans les parties profondes, nous observons des ectasies des parties profondes, que nous appelons *staphylomes postérieurs*. La rétine cède nécessairement, avec les autres membranes, à la pression ; elle tapisse le staphylome, et si auparavant elle était située *en avant* du foyer du système dioptrique de l'œil, si l'œil était hypermétrope, l'hypermétropie diminue en tout cas, par suite du déplacement de la rétine, qui s'est rapprochée du foyer. Lorsque celle-ci est arrivée au foyer même, l'œil devient emmétrope, et, dès qu'elle l'a dépassé, l'œil est devenu myope.

Cette myopie sera d'autant plus forte que la choroïdite se sera développée dans un œil plus long et qu'elle sera plus intense. L'ectasie de la sclérotique peut s'étendre aussi aux parties équatoriales du globe oculaire, voire même au globe entier. Quel que soit d'ailleurs le mode

d'allongement, qu'il soit limité au pôle postérieur ou qu'il s'étende au globe entier, dès que l'œil est devenu plus long que la distance focale de son système dioptrique, il est nécessairement *myope*.

Nous trouvons donc la myopie comme conséquence d'une affection profonde de l'œil. Cette myopie sera progressive, parce que la choroïdite le sera. Pour voir de près, on aura besoin de rapprocher les objets.

D'autres symptômes subjectifs forment cortège à la choroïdite : sensation de tension de l'œil, surtout au fond de l'orbite, sensations lumineuses subjectives, mouches volantes, diminution de l'acuité visuelle, troubles asthénopiques de toute nature, scotomes même peuvent résulter de cette affection grave de l'œil.

Ces symptômes pathologiques, que nous venons d'énumérer, ne concordent pas entièrement avec les symptômes que les traités signalent comme étant caractéristiques de la myopie, sous le titre « Anatomie de l'œil myope » ; mais c'est simplement l'anatomie de l'œil atteint de choroïdite, qui très souvent est devenu myope, mais qui ne l'est pas nécessairement. En effet, il n'est pas rare de trouver exactement les mêmes altérations anatomiques dans un œil hypermétrope ou emmétrope.

Aussi les adhérents de la théorie courante, qui considèrent la myopie comme une maladie proprement dite, ne sont-ils pas peu embarrassés lorsqu'il s'agit d'expliquer, dans un œil hypermétrope, la présence d'un staphylome postérieur, accompagné d'altérations du pigment du fond de l'œil, qui, suivant eux, seraient un des produits caractéristiques de la myopie.

D'après notre explication, ce fait n'a absolument rien qui doive surprendre ; la choroïdite peut se développer dans n'importe quel œil, indépendamment de sa longueur et de sa force réfringente.

Pour ce qui est de la thérapeutique de ce genre de myopie, elle est nécessairement celle de la choroïdite. Il s'agit, avant tout, d'écarter tout ce qui peut irriter les membranes enflammées de l'œil. On évitera principalement, comme dans toute inflammation, les congestions, surtout les congestions de la tête et de l'organe malade, les excès de lumière, la fatigue de l'œil et, en particulier, de l'accommodation.

Le muscle accommodateur, en effet, formant une partie importante du tractus uvéal, une tension exagérée ou répétée de l'accommodation, exerce une influence aggravante sur la choroïdite et peut devenir ainsi une cause indirecte de la myopie. Mais elle n'est pas, comme on l'a prétendu, une cause primaire du staphylome ; sans cela, tous les hypermétropes, qui exigent beaucoup plus de leur accommodation, devraient être atteints de choroïdite et devenir myopes en peu de

temps. Ce n'est pas la myopie qui, par l'accommodation, conduit au staphylome, comme on l'entend quelquefois annoncer pas trop logiquement; mais l'accommodation peut conduire, par l'aggravation de la choroïdite, à la myopie ou à la progression de cette dernière. C'est pour cela que, dans cette forme de myopie, le travail de près, l'usage de lunettes peut devenir nuisible, mais seulement quand ces dernières sont trop fortes pour la distance à laquelle le myope les emploie ; elles fatiguent alors l'accommodation.

Les dérivatifs de toute espèce peuvent être indiqués contre la choroïdite, mais non contre la myopie en général. Aussi, lorsqu'il s'agit de prévenir ou d'enrayer cette forme de myopie, il faut avant tout connaître la cause ou les causes de la choroïdite.

Résumons.

Je distingue donc trois formes de myopie :

1° Myopie dans un œil tout à fait *sain ;*

2° Myopie *fonctionnelle*, due à un spasme de l'accommodation ;

3° Myopie *symptomatique* d'une maladie de l'œil, la choroïdite.

Les preuves à l'appui de cette explication que je donne de la myopie sont abondamment fournies par l'anatomie pathologique.

Il suit de cette manière de voir qu'on ne peut pas parler d'une façon générale et sans discernement de la myopie, ni au point de vue de ses symptômes, ni au point de vue de ses causes, ni à celui de sa thérapeutique.

Quelques-unes des causes de la myopie avancées par les auteurs peuvent s'appliquer à l'une ou à l'autre de ces formes ; mais il n'existe pas une seule et même cause de myopie, précisément parce que la myopie n'est pas une maladie, mais seulement le symptôme d'une disproportion entre la longueur d'un œil et la force réfringente de son système dioptrique.

Un développement prédominant du crâne suivant son axe antéro-postérieur, la profondeur très accentuée de l'orbite peuvent être en rapport avec notre première forme de myopie.

Pour le spasme de l'accommodation au contraire, il faudra chercher une autre cause.

Fatigue des yeux, éblouissement ou éclairage insuffisant, séjour dans des salles d'école malsaines, attitude vicieuse, abus de verres concaves, etc., telles sont les causes qui peuvent conduire indirectement à la troisième catégorie de myopie ; c'est-à-dire que dans des yeux prédisposés à la choroïdite ou qui en sont déjà atteints, elle peut être produite ou aggravée par les causes qui viennent d'être énumérées, tandis que des milliers d'yeux s'exposent aux mêmes influences sans

devenir myopes, parce qu'ils ne sont pas sujets à la choroïdite.

S'il s'agit de chercher les causes de cette myopie essentiellement progressive, nous en trouverons logiquement la raison d'être dans la choroïdite, comme nous l'avons dit plus haut, et ces causes seront, dans la grande majorité des cas, des causes constitutionnelles.

Il suffit d'arrêter son attention sur cette question. Qu'on examine l'état de nutrition d'individus atteints de choroïdite, et on reconnaîtra très souvent insuffisante une constitution débile, scrofuleuse, comme cause de choroïdite non seulement chez l'individu, mais encore et surtout dans la race. S'il s'ajoute à cela une fatigue excessive et continue des yeux, la choroïdite se développera et pourra conduire à la myopie progressive.

Il y a, comme on sait, des peuples entiers chez lesquels la myopie a pris une extension énorme et va toujours en augmentant, alors qu'elle semble ménager d'autres nations voisines. On a cherché à expliquer ce phénomène de différentes manières. Les uns ont invoqué des prédispositions dues à la conformation de la race ; les autres, avec bien plus de fondement, ont attribuée la myopie à l'excès du travail scolaire; d'autres ont cru pouvoir accuser le manque d'éclairage de certains pays, d'autres encore la longueur des lignes de leurs journaux, etc.

Qu'il nous soit permis d'exprimer en quelques mots seulement notre opinion à cet égard. Les peuples les plus envahis par la myopie habitent des pays peu favorisés soit au point de vue de la fertilité du sol, soit au point de vue du développement du commerce. Ce sont des pays plutôt pauvres.

Les habitants, intelligents et énergiques, désireux de se procurer les mêmes agréments de la vie que leurs voisins les plus civilisés, ont été obligés, depuis des siècles, de demander à leur esprit ce que le sol leur avait refusé.

Les uns se sont donnés à l'industrie, les autres aux sciences, et, en guise de froment, de produits de l'industrie ou d'objets d'art, ont vendu à leurs voisins la science, en gros quelquefois, plus souvent en détail, colportée par des livres, par des instituteurs, des institutrices.

Pour exercer ce métier avec fruit, il fallait nécessairement commencer de bonne heure par l'instruction de l'enfance. Des écoles furent établies en nombre toujours croissant. Les enfants y furent envoyés dès leur âge le plus tendre. Ces écoles ne furent pas toujours les mieux installées ni pour l'air ni pour la lumière, précisément parce que le pays était pauvre, et les enfants, par la même raison, déjà faiblement constitués, n'avaient point en eux la force de résis-

tance suffisante pour résister aux fatigues de leurs yeux. Voilà la choroïdite préparée par une nutrition défectueuse et provoquée par l'application précoce et exagérée des yeux à la vision rapprochée.

La myopie se développe alors de la façon que nous avons exposée plus haut dans des peuples entiers et trouve un aliment toujours nouveau dans le travail oculaire continu. On ne pourra pas objecter à notre raisonnement qu'il y a des peuples plus savants et plus industriels qui ne comptent pas autant de myopes. D'abord ce sont des peuples plus riches, mieux nourris, donc plus résistants à l'envahissement de la choroïdite; en second lieu, s'il sagit de vérifier l'influence du travail oculaire sur le développement de la myopie, il ne faut pas comparer la qualité des produits intellectuels d'un pays avec ceux d'un autre, mais le nombre proportionnel des enfants qui vont à l'école des pays comparés, et on trouvera notre raisonnement juste. Que la population du pays plus riche vienne à s'accroître, qu'il survienne des disettes, de mauvaises années, l'obligation pour tous de recourir au travail intellectuel, et on verra la myopie se développer malgré la conformation du crâne, l'éclat d'un soleil brillant, la longueur des lignes des journaux, etc.

On ne nous objectera pas non plus qu'il y a des nations misérables et mal nourries depuis leur origine, qui ne sont pas devenues myopes. Si elles se contentent de leur riz et d'une mauvaise couverture, ou de l'huile de foie de morue et des fourrures de leurs phoques, si elles n'ont pas l'ambition du bien-être que donne la civilisation, elles ne seront pas victimes des dangers dont l'instruction menacerait leurs yeux. Il va sans dire que ce qui est vrai pour l'existence d'un peuple ne doit pas être appliqué, sans discernement, à l'individu. Je sais très bien qu'il y a des personnes, vivant dans les meilleures conditions et n'ayant jamais fatigué leurs yeux, qui sont néanmoins myopes. Pour notre seconde forme de myopie, cela n'a rien d'étonnant. On peut avoir un œil trop long, comme on a un nez trop long. Mais aussi pour la myopie due au staphylome postérieur l'explication de ce phénomène ne saurait offrir de difficultés. Le père et les ancêtres du jeune homme ont acheté peut-être son aisance au prix de leur constitution et de leur vue. — Un autre, au contraire, vit dans de mauvaises conditions, travaille nuit et jour et ne devient pas myope. Il a hérité d'une bonne constitution, et ses yeux résistent. Mais s'il procrée des enfants dans la misère et si ses descendants n'arrivent pas à sortir de l'obligation d'un travail excessif, nul doute que la choroïdite ne tardera pas à se produire ainsi que sa conséquence, la myopie.

L.

DE QUELQUES CAUSES D'ERREUR DANS L'EMPLOI DU MICROSCOPE

PAR M. G. BARDET.

Les garanties d'une bonne observation microscopique sont données par la connaissance du pouvoir grossissant du microscope employé et par l'exacte ressemblance de l'image à l'objet qu'elle amplifie. Sans ces garanties aucune étude histologique ne serait possible, puisque l'on ne pourrait connaître ni les dimensions ni la forme exacte de l'objet examiné. Le micrographe a donc avant tout besoin d'objectifs qui donnent une image parfaitement semblable à l'objet observé, ensuite il doit pouvoir ramener, par le calcul, l'image agrandie à ses véritables dimensions.

Les instruments construits à notre époque répondent-ils à cette nécessité? Les procédés employés à rechercher le grossissement des microscopes sont-ils exacts? C'est ce que nous allons examiner.

Les procédés les plus employés pour chercher le grossissement d'un microscope sont au nombre de deux : le report de l'image sur un décimètre à l'aide de la chambre claire, — la superposition sur un micromètre oculaire de l'image d'un micromètre objectif.

De ces deux moyens, le second est certainement le plus exact, car il permet au moins d'obtenir le grossissement réel de l'objectif, mais c'est celui qui sert le moins dans la pratique. En effet, il donne une fois pour toutes le grossissement supposé d'un objectif avec un oculaire donné, et il permet par un calcul très simple de connaître la dimension des objets étudiés, mais il est moins commode que le premier lorsque l'on veut rapporter les dimensions d'un dessin à celles de l'objet examiné.

Au contraire, le procédé de la chambre claire, qui est plus simple, permet de rapporter rapidement à l'objet les dimensions du dessin obtenu à l'aide de cet instrument.

Il est très-facile en effet, une fois le grossissement du microscope connu, de connaître les dimensions d'un objet dessiné; on n'a en effet pour cela qu'à diviser, par le chiffre du grossissement, le chiffre représentant les dimensions du dessin obtenu en plaçant le papier à la distance de la vue distincte.

Mais ce procédé est détestable, il est la cause d'erreurs sans nombre, et c'est grâce à son emploi que les livres sont remplis d'images très

fausses et toutes contradictoires, qui font dire aux ignorants que l'histologie est une science confuse, où l'imagination seule sert de règle. Son emploi devrait donc être impitoyablement rejeté.

Il est basé en effet sur le report de l'image d'un micromètre objectif sur une règle divisée, placée à la distance de la vue normale des petits objets, c'est-à-dire au *punctum proximum* de la vue distincte. Or rien n'est plus arbitraire que cette distance, pour chaque observateur, et de plus, comme nous le verrons tout à l'heure, l'image n'est nullement reportée au *punctum proximum*, mais beaucoup plus près.

Il ne fait donc connaître ni le grossissement du microscope, ni même celui de l'objectif.

Par le procédé des micromètres, au contraire, on peut connaître exactement le pouvoir amplifiant de l'objectif et par suite juger avec certitude des dimensions exactes de l'objet. La plupart des auteurs laissent même entendre que l'on peut par ce moyen connaître le grossissement réel de tout le système optique (oculaire et objectif), mais c'est une erreur.

Il est bien évident que lorsque dix divisions d'un millimètre divisé en cent parties, placé sous l'objectif ($0^{mm},10$) recouvrent un centimètre placé sous l'oculaire, c'est que l'objectif amplifie 100 fois ($0^{mm},10 \times 100 = 10^{mm}$). Mais comment connaître le grossissement du verre de l'œil de l'oculaire?

M. le professeur Robin, dans son *Traité du microscope*, dit qu'il faut obtenir du fabricant un oculaire grossissant exactement dix fois, mais il ajoute que le fabricant le livre difficilement. Nous le croyons sans peine, car cet oculaire nous paraît impossible à construire. En effet, la loupe n'agrandit pas l'objet, elle augmente la largeur de l'angle sous lequel il est vu, et l'œil reporte instinctivement l'objet en un point qui varie pour chaque personne. Nous avons donc ici la même cause d'erreur que nous signalions dans l'emploi de la chambre claire, le report de l'image au *punctum proximum* d'accommodation. Il résulte de ce fait que l'oculaire qui grossit dix fois pour quelqu'un pourra grossir cinq fois ou vingt fois pour deux autres observateurs, qui reporteront l'image à une distance de moitié plus ou moins grande.

D'ailleurs l'image n'est pas reportée au *punctum proximum* d'accommodation, l'expérience le prouve facilement, et M. le professeur Robin l'a fort bien fait remarquer, elle est reportée beaucoup plus près : ainsi je reporte à 14 ou 15 centimètres, tandis que le *punctum proximum* d'accommodation est pour moi de 18 à 20 centimètres.

Chez quelques personnes le report se fait encore beaucoup plus près de l'œil, par rapport au *punctum proximum* d'accommodation, qui d'ailleurs, on le sait, peut varier d'instant en instant chez la même personne.

La variation du *punctum proximum* d'accommodation n'est d'ailleurs pas la seule cause qui empêcherait de construire des oculaires grossissant dix fois; j'ai constaté un fait singulier: c'est que deux personnes ayant même vue, reportant l'image à même distance, la voient souvent de grandeur très différente. L'expérience est facile à faire.

Or, le plus souvent, de deux personnes remplissant ces conditions particulières, celle qui voit le plus gros (j'ai vu la différence être du simple au double) est une personne non habituée à l'observation microscopique.

Je crois que cette différence de vision peut s'expliquer ainsi : Le grossissement de la loupe est le fait d'une illusion d'optique; l'angle sous lequel on voit l'objet est agrandi; l'imagination peut prolonger les côtés de cet angle très loin et par conséquent faire voir les objets démesurément grossis. Pour les personnes inexpérimentées, la distance qui sépare l'œil de l'image paraît énorme, absolument comme les dimensions d'un édifice inconnu semblent toujours plus vastes à la première visite; mais, pour les adeptes de la science au contraire, les proportions se rétablissent et l'illusion est beaucoup moindre.

Or si le grossissement de l'oculaire ne peut être exactement connu, par suite du report de l'image à une distance variable, la cause d'erreur est la même que dans la mensuration du grossissement par le procédé de la chambre claire et il est alors mathématiquement impossible de connaître exactement le pouvoir amplifiant d'un microscope. Qu'importe, d'ailleurs? Ce qu'il est important de connaître, c'est la grandeur réelle de l'objet examiné, et alors il est facile de déduire l'amplification donnée par un dessin obtenu à la chambre claire. Or rien de plus simple que de connaître les dimensions d'un objet lorsqu'on a calculé une fois pour toutes, et pour une longueur donnée du tube, le grossissement d'un objectif : le procédé est indiqué dans tous les traités du microscope.

Ainsi, par exemple, mon objectif n° 8 à immersion de Prazmowski grossit cinquante-cinq fois, le tube étant tiré et en employant le verre de champ du micromètre oculaire. Un objet qui couvrira quatre divisions et demie du micromètre oculaire (ou $0^{cm},045$, puisque ce micromètre est un centimètre divisé en cent parties) aura donc pour longueur $\frac{0045^{cm},}{55} = 0,008181$.

Ce procédé de mensuration est le seul que l'on puisse employer avec certitude dans les recherches histologiques.

Quant à la symétrie qui doit exister entre l'image et l'objet, elle dépend non plus de l'interprétation des données fournies par l'objectif, mais bien de la perfection plus ou moins grande de celui-ci. C'est donc l'opticien qui seul peut répondre avec le plus de soin possible à cette nécessité de toute bonne observation ; mais, jusqu'à un certain point, le micrographe est responsable de la plus ou moins bonne qualité des objectifs qu'il emploie.

Les histologistes vantent particulièrement les objectifs qui non seulement montrent l'objet dans ses plus fins détails (*résolution*) avec des contours très nets (*définition*), mais encore permettent de voir plusieurs plans à la fois et de se rendre compte de l'ensemble d'une préparation et des rapports de ses différents détails. On appelle *pénétration* cette précieuse qualité, et on peut lire dans la plupart des traités d'histologie que l'anotomie générale exige des objectifs doués du pouvoir pénétrant. Certains constructeurs fabriquent donc des objectifs à petit angle d'ouverture pour cet effet spécial, tandis que des objectifs à grand angle sont construits pour les botanistes et les diatomistes.

M. Ranvier a discuté, avec raison à notre avis, la légitimité de ce pouvoir pénétrant des objectifs ; nous ne reproduirons donc pas les arguments qu'il a développés avec succès, car nous voulons envisager la question à un point de vue pratique et nullement théorique. Admettons qu'il y ait des objectifs pénétrants ; comment pourra-t-on obtenir cet effet ? En ayant plusieurs foyers dans l'objectif, c'est-à-dire en opérant de telle facon qu'aucun plan de la préparation ne soit exactement au point, mais que plusieurs plans soient à peu près au foyer. L'image ne sera donc pas nette, et par conséquent la *définition* et la *résolution* devront laisser beaucoup à désirer.

Mais je laisse ces détails de côté, malgré leur importance ; j'admets encore que l'on puisse avoir des contours nets et voir les plus fins détails ; j'arrive de suite à l'objection qui me paraît devoir être la plus forte.

Que deviendront les lignes droites dans l'emploi d'un pareil objectif ? Evidemment, elles auront l'apparence de lignes courbes, puisque leurs différents points verront leur image se former à des plans différents. Les images seront donc considérablement déformées, et un tel objetif devra être déclaré détestable.

Cela est si vrai que toutes les fois où l'on se servira, comme test, avec un *objectif pénétrant*, d'un carré divisé en petits carrés, on

aura la sensation d'une portion de sphère divisée par des méridiens ou des parallèles.

C'est ainsi que j'ai pu étudier un objectif d'un pouce de rolles, qui avait la prétention de donner du relief aux objets. Cet objectif déformait considérablement les lignes droites et de plus le centre ou les bords de l'image pouvaient seuls être au point; quand l'une de ces parties était nette, l'autre était plus flou.

On comprend, sans qu'il soit besoin d'en dire plus long, combien d'erreurs de forme peuvent être causées par de semblables objectifs. Je sais bien que les fabricants qui construisent ces systèmes ont la prétention de pouvoir les exécuter sans qu'ils aient ces inconvénients, prétention qui me paraît inadmissible. Mais, dans tous les cas, il est de toute nécessité que ces objectifs soient examinés à l'aide d'un micromètre constitué, comme nous venons de le dire, par un carré divisé en carrés plus petits, et, toutes les fois que les déformations seront considérables, le système devra être mis de côté. Reste à savoir si l'on en pourra trouver un qui remplisse les conditions de perfection désirable.

Mieux vaudrait encore assurément renoncer à l'emploi des objectifs dits *pénétrants* et s'en tenir aux systèmes à grand angle. Ils ne permettent pas, il est vrai, de voir plusieurs plans à la fois, mais du moins ils ont l'avantage de ne pas faire voir courbes les lignes droites et de conserver, autant qu'il est pratiquement possible de le faire, la forme vraie des objets que l'on étudie.

On évitera de cette manière les deux causes d'erreur les plus fréquentes dans l'emploi du microscope : les changements de forme amenés par des objectifs défectueux d'une part, et d'autre part les erreurs de dimension qu'amène la confiance que l'on a dans des procédés de mensuration inexacts.

D[r] G. BARDET.

MORPHOLOGIE ET POSITION SYSTÉMATIQUE DES ÉPONGES

Par Balfour.

Le dernier mémoire du professeur Schulze sur le développement des Eponges calcaires confirme et étend les premières observations de Metschnikoff et nous donne enfin une bonne histoire complète du développement d'une forme d'Eponge calcaire.

Les faits qui ont été ainsi établis m'ont suggéré une vue de la morphologie et de la position systématique des Eponges, un peu différente de l'opinion qui est généralement admise. En exposant cette manière de voir, je ne voudrais pas la présenter pour autre chose qu'une simple supposition qui, si elle n'a pas d'autre résultat, pourra du moins avoir l'avantage de provoquer de nouvelles recherches.

Pour rendre plus clair ce que j'ai à dire, je commencerai par rappeler les faits qui peuvent être considérés comme bien établis en ce qui concerne le développement du *Sycanda Raphanus*, forme qui a été étudiée à la fois par Metschnikoff et par Schulze. La segmentation de l'œuf, quoique remarquable à plusieurs égards, n'offre pas d'importance pour l'objet qui nous occupe actuellement, et je prendrai le développement à la fin de la segmentation, au moment où l'embryon est encore encapsulé dans le tissu qui lui a donné naissance. A cet état, il offre une forme lenticulaire, avec une cavité centrale de segmentation. Un plan équatorial le divise en deux parties qui prennent une part égale à la limitation de la cavité de segmentation. L'un des hémisphères est formé d'environ trente-deux grandes cellules arrondies, granuleuses; l'autre, d'un nombre plus considérable de cellules cylindriques allongées et claires. Tandis que l'embryon est encore encapsulé il se produit une invagination partielle des cellules granuleuses. et la cavité de segmentation se trouve ainsi réduite à l'état d'une simple fente. Cette invagination n'est cependant que temporaire et sans importance, et sur l'embryon devenu libre, ce qui ne tarde pas à se produire, on n'en trouve plus trace. Au contraire, la cavité de segmentation devient plus large, et les cellules granuleuses forment une proéminence beaucoup plus prononcée que dans l'état d'encapsulement.

Lorsque la larve a abandonné les tissus de son parent, elle offre une forme ovale et elle est divisée transversalement en deux régions. L'une de ces régions est formée par les cellules claires, allongées,

ciliées et munies d'un peu de pigment au niveau de leur extrémité interne. L'autre région, plus large, est formée par les trente-deux cellules granuleuses mentionnées plus haut. Quinze ou seize de ces cellules sont disposées en un cercle spécial dans le voisinage des cellules claires. Au centre de l'embryon, est une cavité de segmentation, située entre les cellules granuleuses et les cellules claires, mais limitée particulièrement par la face interne voûtée des dernières. Cet état est connu sous le nom d'amphiblastula. Après que la larve a vécu libre pendant quelque temps, il se produit une série de changements remarquables, consistant dans l'invagination de l'hémisphère formé par les cellules claires et constituant le prélude de la fixation de la larve. Le phénomène de l'invagination est entièrement accompli au bout d'une demi-heure. L'embryon entier s'aplatit; mais l'aplatissement porte principalement sur la moitié ciliée, qui devient peu à peu de moins en moins proéminente, et enfin les cellules qui la composent subissent une véritable invagination. Comme résultat de cette invagination, la cavité de segmentation se trouve oblitérée, et la larve prend une forme plan concave avec une cavité gastrulaire centrale et un blastopore situé au milieu de la face plane. On peut maintenant désigner les deux couches de la gastrula sous les noms d'ectoderme et d'endoderme. Le blastopore est graduellement rétréci par le développement au-dessus de lui de la couche périphérique des cellules granuleuses. Lorsqu'il est devenu très petit, la fixation de la larve s'effectue par la surface plane sur laquelle il est situé. La fixation est effectuée par des prolongements protoplasmiques du cercle périphérique des cellules de l'ectoderme, qui maintenant deviennent amyboïdes ainsi que les autres cellules de l'ectoderme. A la même époque, elles deviennent plus claires et permettent de voir ce qui se passe dans l'intérieur de la gastrula. Entre les cellules de l'ectoderme et celles de l'endoderme qui limitent la cavité de la gastrula se produit une couche hyaline, sans structure, plus étoitement attachée à l'ectoderme qu'à l'endoderme et qui probablement dérive de l'ectoderme.

Après l'invagination, les cils des cellules endodermiques ne se voient plus et sont probablement résorbés; leur disparition coïncide à peu près avec l'oblitération complète du blastopore, phénomène qui suit de près la fixation de la larve.

Après la formation de la couche amorphe située entre l'ectoderme et l'endoderme, des spicules calcaires apparaissent dans cette couche, sous la forme d'aiguilles délicates, non ramifiées, terminées en pointe aux deux extrémités. Aussitôt après sa fixation, la larve grandit rapi-

dement et prend une forme cylindrique. Les côtés du cylindre sont munis de spicules calcaires qui font saillie au dehors de la surface. Indépendamment des spicules non ramifiés, il s'en est formé qui ont trois ou quatre rayons avec des extrémités émoussées et des bords serretés. L'extrémité du cylindre opposée à celle par laquelle la larve s'est fixée est entourée de spicules, mais n'en offre elle-même aucun. Au centre de cette extrémité, il s'est formé une petite ouverture qui conduit dans la cavité gastrique, s'élargit rapidement et forme un *orifice exhalant*. Une série d'*orifices inhalants* se sont aussi formés sur les côtés du cylindre. L'époque relative de la formation de l'ovule et des spores n'est pas la même dans les différentes larves. Les cellules qui tapissent la cavité centrale gastrulaire de l'Eponge, maintenant en communication avec l'eau extérieure, se couvrent de nouveau de cils vibratiles et acquièrent les caractères particuliers des cellules de l'endoderme des Eponges. Lorsque ce stade de développement est atteint, nous avons une Eponge complètement formée, construite sur le type que M. Hæckel a fait connaître sous le nom d'*Olynthus*.

Jusqu'à ce que le développement complet d'autres formes d'Eponges ait été étudié, il n'est pas possible d'affirmer jusqu'à quel point les phénomènes observés dans le *Sycandra* s'appliquent à tous les cas. Un embryologiste russe, M. Ganin, a récemment exposé, sans figures, un développement du *Spongilla fluviatilis* qui ne paraît pas se concilier avec celui du *Sycandra*. Si l'on tient compte des difficultés de l'observation, il paraît préférable de supposer que la description de cet auteur et celles de quelques autres sont entachées d'erreur que d'admettre qu'il existe un manque absolu d'uniformité dans le développement des divers Spongiaires.

Dans le développement du *Sycandra*, le premier point qui doive attirer notre attention est le caractère de la larve libre. La forme larvaire particulière, caractérisée par une moitié du corps composée de cellules amiboïdes granuleuses et l'autre moitié de cellules claires et ciliées, est presque constante parmi les Calcisponges, et très répandue, avec quelques modifications seulement, parmi les Fibrosponges et les Myxosponges. Cette larve conserve-t-elle les caractères d'un type ancestral des Eponges, et, s'il en est ainsi, que signifie sa forme? Il est possible aussi qu'elle ne représente pas une forme ancestrale, mais qu'elle ait été produite d'une façon secondaire. Je préfère moi-même penser que ce n'est pas le cas, d'autant qu'il me semble que les caractères de la larve peuvent s'expliquer, si on la considère comme une forme de transition entre les Protozoaires et les Métazoaires. D'après cette manière de voir, la larve doit être consi-

dérée comme une colonie de Protozoaires, dont une moitié des individus seraient différenciés en formes nutritives et l'autre moitié en formes locomotrices et respiratoires. Les cellules granuleuses amiboïdes représentent les formes respiratoires, et les cellules ciliées représentent les formes locomotrices et respiratoires. Il ne paraît pas improbable que le passage des Protozoaires aux Métazoaires se soit effectué à l'aide d'une différenciation de cet ordre, et cette opinion concorde parfaitement avec l'état de larve naissant librement des Eponges, quoiqu'une autre hypothèse également plausible ait été formulée par mon ami le professeur Ray Lankaster (1).

Tandis que la vue que nous venons d'émettre est très satisfaisante si l'on n'envisage que l'état de larve libre et nageante des Eponges, il surgit dans la suite du développement une difficulté qui, à première vue, paraît insurmontable. Cette difficulté résulte de ce que ce sont les cellules ciliées et non des cellules granuleuses qui s'invaginent.

Ces cellules granuleuses représentent les individus nourrisseurs de la colonie; c'est elles qui devraient former la face interne de la cavité gastrulaire, d'après les vues généralement admises relativement à la morphologie des Eponges. L'hypothèse que je vais me hasarder à proposer pour résoudre ce paradoxe repose sur une vue toute nouvelle relativement à la nature et aux fonctions des feuillets germinatifs de l'Eponge adulte.

Lorsque l'ancêtre libre et nageant de l'Eponge vint à se fixer, les cellules ciliées par lesquelles le mouvement était produit se trouvèrent en grande partie dépourvues de fonction. En même temps, les cellules nutritives amiboïdes s'étalèrent pour former une surface aussi large que possible. On peut peut-être trouver dans ces deux circonstances une explication suffisante de l'invagination des cellules ciliées et de la croissance par-dessus elles des cellules amiboïdes. Quoique la respiration fût sans aucun doute effectuée par les cellules ciliées, il n'est pas probable qu'elle fût totalement localisée dans ces cellules; mais la fonction fut conservée par suite de la formation d'un oscule et de pores. Les cellules ciliées et pourvues d'une collerette qui tapissent les chambres ciliées, ou dans quelques cas les tubes radiés, dérivent sans aucun doute des cellules invaginées, et la vue émise plus haut est vraie : les cellules à collerette des Eponges adultes doivent

(1) Voy. in *Quaterly Micr. Journ.*, XVII, 1877, *Notes on Embryology and classification*. Il ne paraît pas impossible, si les vues de Ray Lankaster sont fondées, que l'opinion émise ici relativement au passage des Protozoaires aux Métazoaires, en ce qui concerne les Éponges, soit conforme à la vérité, quoique tout autre passage puisse en même temps exister en ce qui concerne d'autres Métazoaires.

être destinées beaucoup plus à la respiration qu'à la nutrition, tandis que les cellules épithéliales normales qui couvrent la surface de l'Eponge et qui dans la majeure partie des cas tapissent les tubes qui traversent l'Eponge doivent être surtout destinées à la nutrition (1). Si c'est le contraire qui est vrai, la théorie tout entière tombe. Il n'a pas encore été nettement établi, à ma connaissance, dans quel point la digestion s'effectue. Lieberkühn paraît admettre que les cellules amiboïdes qui tapissent les passages ont pour principale fonction la digestion, tandis que Carter estime que la digestion est effectuée par les cellules à collerette des chambres vibratiles.

S'il venait à être prouvé par des expériences relatives à la nutrition des Eponges que la digestion est accomplie par les cellules qui tapissent les passages et non par les cellules ciliées, il serait clair que ni l'ectoderme ni l'endoderme des Eponges ne correspondent aux couches désignées par des noms similaires dans les Cœlentérées et les Métazoaires. L'endoderme invaginé serait le feuillet respiratoire et l'ectoderme le feuillet digestif et sensoriel, la fonction sensorielle étant probablement localisée dans l'épithélium de la surface et la fonction digestive dans l'épithélium qui tapisse les passages. Une telle différence fondamentale dans les feuillets germinatifs entre les Eponges et les autres Métazoaires nécessiterait la création d'une division spéciale des Métazoaires, composée de ce groupe.

BALFOUR (2).

(1) L'opinion que les cellules plates qui tapissent la plus grande partie des tubes de la plupart des Éponges dérivent d'une invagination de l'épiderme me paraît clairement démontrée par les observations de Barrois et de Schulze sur les états jeunes et fixés des *Halisarca*. Ganin paraît cependant admettre une manière de voir contraire en ce qui concerne la Spongille.

(2) In *Quarterly Micr. Journ.*, 1879.

REVUE DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Sur une nouvelle forme de Batracien anoure d'Europe

(Alytes Obstetricans *Boscai*, n. subsp.) (1),

Par Fernand Lataste.

Je ne m'étendrai pas ici sur les motifs qui m'engagent à généraliser un procédé qui a été heureusement employé déjà dans quelques cas particuliers (*Lacerta Muralis Cærulea* Eimer, *Lacerta Muralis Lilfordi* Gunther, etc.), et dont la nécessité devient de plus en plus évidente à mesure que se compliquent et se précisent les recherches zoologiques modernes. Déjà d'ailleurs, dans la séance précédente, à l'occasion d'une nouvelle sous-espèce (2) de vipère espagnole (3), j'ai dû vous dire quelques mots sur ce sujet, que je compte prochainement traiter dans un mémoire spécial.

Mon but actuel est uniquement d'attirer l'attention des naturalistes sur une forme de Batracien Anoure, trop voisine à mon sens d'*Alytes Obstetricans* Laurenti pour pouvoir en être spécifiquement séparée, mais possédant cependant quelques caractères différentiels suffisants pour lui mériter un nom particulier et une description spéciale. Son aire géographique semble occuper, de la Méditerranée (Valencia del Cid) à l'Atlantique (Puentevedra), la péninsule ibérique, et ne pas la dépasser, tandis que la forme plus anciennement connue de la même espèce paraît confinée sur un territoire presque aussi restreint, en deçà des Pyrénées (4) et des Alpes, s'avançant peu au delà des limites de la France vers le nord.

Je dédie la forme nouvelle à mon correspondant et ami M. Eduardo Bosca, de qui je l'ai reçue, et qui a tant contribué à accroître nos connaissances sur la faune herpétologique d'Espagne; et la forme ancienne à M. A. de l'Isle du Dréneuf, dont les excellents travaux ont tant élucidé l'histoire de cet anoure. Je nomme donc *A. Obstetricans de l'Islei* la sous-espèce française, et *A. Obstetricans Boscai* la sous-espèce espagnole. Voici, en regard les uns des autres, leurs principaux caractères distinctifs.

(1) Communication faite devant la Société zoologique de France, le 11 novembre 1879.

(2) J'ai préféré le mot *sous-espèce,* dont le sens est clair et précis, au terme très vague de *variété,* et à celui de *race,* dont le sens est plus net, mais qui s'applique plus particulièrement aux animaux domestiques, et doit, ce me semble, leur être réservé, jusqu'à ce que nous ayons trouvé la commune mesure des variations de l'espèce à l'état de nature et de celles plus grandes, ou du moins plus rapides, qui se produisent sous l'influence de l'homme.

(3) *Vipera Berus Sevanei* Lataste.

(4) Du moins je n'ai jamais reçu d'Espagne la forme française, qui cependant est commune sur le versant français des Pyrénées.

Alytes Obstetricans Laurenti

De l'Islei Lataste :	*Boscai* Lataste :
Crâne plus court que la colonne vertébrale (non compris le coccyx). *Si l'on applique le crâne en long sur la colonne vertébrale, faisant reposer sur le même plan horizontal la base du premier et l'origine de la seconde, le museau arrive à l'origine, ou tout au plus au milieu de la vertèbre sacrée.*	Crâne beaucoup plus long que la colonne vertébrale (non compris le coccyx). *Dans les mêmes conditions, le museau arrive au niveau des diapophyses coccygiennes.*
Largeur du crâne égale à la longueur de la colonne vertébrale (non compris le coccyx).	Largeur du crâne bien supérieure à la longueur de la colonne vertébrale (non compris le coccyx).
Si l'on applique le crâne en largeur sur la colonne vertébrale, l'une des articulations maxillo-tympaniques coïncidant avec l'origine du rachis, l'autre articulation arrive au niveau de l'origine du coccyx.	*Dans les mêmes conditions, la deuxième articulation maxillo-tympanique dépasse d'un tiers de la longueur du coccyx l'origine de celui-ci.*

Il résulte de ces proportions différentes du crâne par rapport à la colonne vertébrale que *A. Boscai* paraît plus lourd et plus trapu que *A. de l'Islei.*

En outre, le rapport de la longueur à la largeur du crâne est plus petit chez celui-là que chez celui-ci. Cette longueur se trouve de 13 millimètres pour une femelle adulte de la première forme, et de 14 millimètres pour une femelle adulte de la deuxième, la largeur étant pour l'une et l'autre de 16,5 millimètres.

On peut encore noter quelques différences dans la forme du crâne de l'une et de l'autre sous-espèce. J'en signalerai deux :

Placé sur un plan horizontal, le crâne repose sur sa base légèrement incliné en avant.	Dans les mêmes conditions, le crâne incline très fortement en avant, parfois même ne peut rester en équilibre et tombe.
La largeur du rupéo-ptéréal (Dugès) est égale à la largeur de la boîte crânienne au niveau du rétrécissement de la fontanelle.	La largeur du rupéo-ptéréal (Dugès) est égale à la plus grande largeur de la boîte crânienne, d'un orbite à l'autre.

Le premier de ces deux caractères tient à ce que, chez *A. Boscai*, les condyles occipitaux sont situés, par rapport aux articulations maxillo-tympaniques, beaucoup plus en arrière que chez *A. de l'Islei;* le deuxième est dû à la fois à ce que les rupéo-ptéréaux sont plus larges et les fronto-pariétaux plus étroits chez *A. Boscai* que chez *A. de l'Isleï.*

Enfin il est un dernier caractère fourni par le squelette, d'une appréciation peut-être un peu délicate, mais qui m'a semblé constant :

Les deux branches du xiphisternum divergent très fortement dès leur origine, et présentent une double courbure (d'abord postérieurement, puis extérieurement concaves).	Les deux branches du xiphisternum divergent à peine à leur origine et présentent une seule courbure (extérieurement concaves).

Telles sont les principales différences ostéologiques que j'ai pu noter entre les deux sous-espèces, recherchant d'abord ces différences sur deux squelettes parfaitement comparables de femelles adultes, et les vérifiant ensuite sur deux autres squelettes de *Boscai*, et trois autres de *de l'Islei.*

Les différences anatomiques des organes sont beaucoup moindres. Le poumon

me paraît sensiblement plus chargé de pigment chez *de l'Islei* que chez *Boscai;* le testicule se montre arrondi et blanc chez ce dernier, tandis que je le vois chez l'autre légèrement oblong et de couleur indifféremment blanche ou noirâtre (dans un cas, le droit est blanc et le gauche noirâtre ; dans un autre cas, c'est l'inverse qui a lieu). Evidemment il n'y a pas à insister sur des caractères de cette nature. Mais, en me livrant à cet examen, j'ai pu constater que, sous le scalpel :

1° *A. Boscai* ne répand pas cette odeur vireuse dont *A. de l'Islei* est prodigue en pareille occasion;

2° Ce dernier demeurant silencieux ou émettant à peine quelques sons faibles et flûtés, très semblables à son chant normal, *A. Boscai* au contraire ne cesse de pousser des cris faibles et plaintifs, assez comparables (sauf l'intensité) au vagissement d'un enfant nouveau-né. Il est probable que les deux sous-espèces n'ont pas un chant identique.

Passant à l'examen des caractères extérieurs, et sans répéter ce qui a été dit plus haut de la forme plus trapue et de la tête plus grosse d'*A. Boscai*, j'observe les différences suivantes :

Diamètre de l'orifice interne des narines à peu près égal à celui de la trompe d'Eustache.	Diamètre de l'orifice interne des narines sensiblement plus petit que celui de la trompe d'Eustache.
Côté postérieur du quadrilatère déterminé par ces quatre orifices sensiblement inférieur au double du côté antérieur.	Côté postérieur du quadrilatère déterminé par ces quatre orifices égal au double du côté antérieur.
Peau relativement épaisse et tuberculeuse.	Peau relativement fine et lisse.
Iris doré.	Iris doré rougeâtre.
Faces supérieures uniformes, ou marquées de taches fondues sur leurs bords et confuses.	Faces supérieures ponctuées de taches brunes très évidentes sur fond clair.
Faces inférieures d'un blanc grisâtre et terne ; le plus souvent, le pourtour de la mâchoire inférieure et la gorge salis de brun.	Faces inférieures d'un blanc pur et comme vernissées; le plus souvent, le pourtour de la mâchoire inférieure et la gorge immaculés.

J'ai eu entre les mains une quinzaine d'individus de la nouvelle sous-espèce, recueillis par M. Eduardo Bosca, et provenant, trois de Valence, les autres de Fuy (Pontevedra). De cette dernière localité, un individu a été déposé au Muséum de Paris, deux au Musée zoologique de Bruxelles et deux au Muséum de Bordeaux.

La famille des Alytidæ se trouve ainsi représentée par trois formes distinctes : deux du genre *Alytes* Wagler et une du genre Ammoryctis Lataste; une française, qui fut longtemps le seul type connu de l'espèce, du genre et de la famille ; et deux espagnoles, l'*Am. Cisternasi* Bosca, et la sous-espèce qui vient de faire l'objet de cette communication.

Fernand Lataste.

Sur le développement de quelques espèces de Bactéries et la fermentation qu'elles déterminent,

Par Adam Prasmowski.

Depuis que Cohn et Koch ont publié leurs estimables recherches sur l'histoire du développement du *Bacillus subtilis* et du *B. anthracis*, l'étude de ces champignons a été poursuivie dans deux directions principales. D'un côté, on s'est efforcé d'approfondir ce qu'il y avait de fondé dans la supposition, qui se présentait naturellement, que d'autres espèces de Bactéries termineraient aussi leur développement par la formation de spores. Sous ce rapport, il faut surtout mentionner les travaux de M. Van Tieghem et du Dr Evard. Le premier donna l'histoire du développement de l'*Amylobacter* Tréc. (*Bacillus Amylobacter* V. Tiegh.), tandis que le second se proposa d'étudier celle de *Bacterium Termo* Ehrb. et du *Micrococcus* Cohn. Vint ensuite une publication de M. Pasteur, dans laquelle il mentionne la formation de spores dans une espèce de Bactérie, qu'il considère comme l'agent actif de la septicémie, et qui pourrait bien être la même que celle découverte par le Dr Klein dans une maladie nommée par lui *Pneumo-enteritis contagiosa.*

Tandis que ces travaux confirmaient de plus en plus l'opinion que la formation de spores est très répandue, peut-être générale chez les Bactéries, d'autres chercheurs se sont efforcés d'étudier les phénomènes exacts de la formation et de la germination des spores, pour résoudre, si possible, les nombreuses contradictions que les recherches de Cohn et de Koch avaient fait ressortir entre le développement des Bactéries et celui d'autres plantes inférieures. Ici, il convient surtout de citer les travaux consciencieux de Brefeld, qui entreprit non seulement d'étudier encore une fois la biologie entière du *B. subtilis*, mais aussi d'examiner au microscope la formation et la germination des spores. Les recherches faites par Ewart sur la biologie du *B. anthracis* sont aussi fort intéressantes, quoiqu'elles laissent beaucoup à désirer quant à l'histoire du développement.

Malgré toutes ces études, faites dans l'espace de deux ans et dont je pourrais encore beaucoup étendre la liste, il existe toujours encore une grande diversité d'opinions sur les questions mêmes dont on s'est le plus occupé. On pourrait même dire de plusieurs de ces travaux qu'ils ont plus contribué à embrouiller qu'à éclaircir les contradictions. Je laisse à d'autres à juger jusqu'à quel point j'ai réussi à éviter les erreurs et à interpréter exactement les faits.

Je me suis principalement occupé de l'histoire du développement de l'*Amylobacter* de Trécul et de la fermentation qu'il détermine. Mais comme je suis arrivé souvent à des résultats différents, même diamétralement opposés à ceux de Van Tieghem dans son article cité, j'ai étendu mes recherches à *B. subtilis*, pour compléter mon travail. Dans le cours de mes recherches, j'ai rencontré chez d'autres espèces de Bactéries quelques phases de développement inconnues jusqu'à présent, de sorte que je puis encore fournir des renseignements sur des faits qui ont échappé à l'attention d'autres chercheurs.

Dans ce qui suit, je rendrai brièvement compte de mes études sur les Bactéries.

I. *Bacillus subtilis* Cohn. — Cette Bactérie a déjà été souvent étudiée minutieusement, surtout par Cohn et Brefeld. D'après Van Tieghem, l'histoire de son développement serait exactement la même que celle de l'*Amylobacter* Tréc., de sorte qu'on ne pourrait pas distinguer ces deux expèces, si la dernière ne se faisait pas remarquer à certain moment par la formation d'amidon dans sa matière plasmatique.

J'ai trouvé au contraire qu'il existe des différences considérables entre les deux Bactéries, aussi bien sous le rapport de la grandeur que sous celui de la marche du développement (1). Le développement normal du *B. subtilis* se fait, dans les premières phases, exactement comme Cohn l'a décrit dans la quatrième livraison de ses *Beiträge*, etc., sauf quelques petites modifications, occasionnées par les différences dans la nutrition et par d'autres influences.

Après que les jeunes bâtonnets ont tourbillonné vivement pendant quelque temps, ils viennent au repos et croissent alors en longs filaments par des divisions se succédant rapidement, avec des cloisons transversales plus ou moins distinctes. Ces filaments se divisent ou bien en articles séparés qui reprennent le mouvement tourbillonnant, ou bien ils restent immobiles, se brisent en se pliant sur quelques points, ce qui forme un groupe de filaments plus courts. Ceux-ci continuent à se diviser tant aux deux extrémités qu'au centre ; ils peuvent de nouveau se plier et se partager en filaments plus courts, ou bien ils deviennent très longs, en formant de nombreuses inflexions, jusqu'à ce qu'ils forment enfin un amas tomenteux maintenu par une sécrétion plus ou moins abondante de mucilage. Bientôt apparaissent, soit à l'extrémité, soit vers le centre d'un bâtonnet séparé ou non, des points plus clairs qui indiquent que le plasma s'est amassé en ces endroits. Tout le contenu du bâtonnet se rassemble peu à peu sur ces points et forme une masse ovale ou cylindrique oblongue, très réfringente, qui s'enveloppe d'une membrane et qui devient ainsi une spore. Presque jusqu'au moment où tout le contenu du bâtonnet s'est amassé sur un point, on n'aperçoit aucune augmentation de circonférence, ni de renflement local du bâtonnet : il reste simplement cylindrique, tronqué ou faiblement arrondi aux extrémités. Ce n'est que lorsque la spore est presque complètement formée qu'il se produit un faible renflement, qu'on ne peut pas toujours distinguer et qui doit probablement être attribué à l'extension mécanique de la membrane de la cellule-mère, causée par l'entassement en un point limité du plasma répandu jusqu'alors dans toute l'articulation. Il peut donc paraître que la spore naît dans un bâtonnet qui était déjà renflé en forme de fuseau ou de vessie ; l'observation exacte et ininterrompue des faits nous montre que le renflement n'est pas un phénomène primaire, mais secondaire, et produit comme je viens de l'expliquer.

Dans certaines circonstances, surtout sous l'influence du manque d'oxygène, il arrive que les bâtonnets de *B. subtilis* ne s'allongent pas en filaments qui s'entremêlent ; mais alors il ne se forme pas non plus de spores dans la plupart des bâtonnets.

Quant à la germination des spores, je peux entièrement confirmer les indica-

(1) Je dois faire observer que j'ai cultivé le *B. subtilis* dans les mêmes substrates que l'*Amylobacter*, et qu'il m'a donc été très facile d'observer la diversité de leur développement.

tions de Brefeld. La spore qui se dispose à germer commence peu à peu à pâlir, jusqu'à ce que, après une demi-heure ou une heure dans une température de 30-35° C., elle soit devenue aussi réfringente que les jeunes bâtonnets tourbillonnants. En même temps, elle a presque doublé de volume. Elle reste assez longtemps sans changement apparent dans cet état, mais alors il se forme assez rapidement, exactement au milieu de la spore allongée et latéralement, un petit boursouflement (utricule germinative), qui croît rapidement en longueur et se divise bientôt en nouveaux bâtonnets par des cloisons transversales. La membrane soulevée est un peu plus épaisse aux deux pôles de la spore, ce qui détermine déjà l'endroit où elle germera. La grandeur et la forme de la membrane sont environ les mêmes qu'avant la germination de la spore.

D'après les faits observés par Cohn, on admet maintenant assez généralement que le *B. subtilis* est l'agent actif de la fermentation butyrique, opinion que Van Tieghem partage aussi. Les expériences que j'ai faites moi-même à cet égard mettent hors de doute que cela n'est pas exact. Il reste encore à savoir si le *B. subtilis* forme un autre ferment; mais si l'opinion de Pasteur est fondée, que la fermentation est un processus vital de certains organismes, produit par le manque d'oxygène, nous n'aurions pas à chercher un ferment dans *B. subtilis*, car il appartient certainement aux Bactéries « aërobies », c'est-à-dire qui ne peuvent pas prospérer sans une provision suffisante d'oxygène.

II. Le ferment de l'acide butyrique (*Vibrion butyrique* Pasteur, *Amylobacter*, *Clostridium*, *Urocephalum* Tréc., *Bacillus amylobacter* V. Tiegh.). — Cette Bactérie a subi bien des vicissitudes. On peut déjà s'en faire une idée d'après les noms multiples qui précèdent et qui lui ont été donnés par différents auteurs à différentes époques. Décrite d'abord par Pasteur comme ferment de l'acide butyrique, elle fut ramenée quelques années plus tard par Trécul à n'être qu'une transformation spontanée de la matière végétale en putréfaction, qui renferme beaucoup d'amidon, jusqu'à ce qu'enfin dix années plus tard elle fût désignée par Van Tieghem comme l'agent actif de la fermentation de la cellulose. Probablement, c'est aussi la même Bactérie que Cohn a observée dans la présure de l'estomac, pour autant que je puis en juger par la description et les dessins qu'il en donne dans ses *Beiträge zur Biologie*, I, livraison 3, tabl. V, fig. 10-12.

Avant de parler des particularités physiologiques et biologiques de cette Bactérie, je veux m'arrêter un moment à l'histoire de son développement.

Les jeunes bâtonnets du ferment de l'acide butyrique ne peuvent être que difficilement distingués de ceux du *B. subtilis;* il est vrai qu'ils ont ordinairement le double de la grosseur et de la longueur, mais cet indice n'est pas assez caractéristique, car il varie d'après la nutrition et d'après d'autres conditions. Lorsqu'ils vivent dans des liquides, par conséquent sans substrates fermes, ils croissent généralement jusqu'à former de longs filaments, qui sont distinctement articulés par des cloisons transversales et assez mobiles; mais je ne les ai jamais vus former les flocons tomenteux et mucilagineux qui sont caractéristiques de l'espèce précédente.

La formation de Zooglœa se fait d'une tout autre manière chez cette Bactérie. C'est toujours un seul bâtonnet qui fonde une colonie entière de Zooglœa. Ce bâtonnet devient immobile et se segmente en deux nouveaux bâtonnets, qui se

quittent bientôt et changent leur position de telle manière qu'ils s'étendent à côté l'un de l'autre. Ce fait se répète à chaque génération suivante, jusqu'à ce qu'il se forme ainsi une rangée de bâtonnets en zigzag ou en gradins, retenus ensemble par du mucilage. Les bâtonnets ne sont pas rangés parallèlement : ils sont ordinairement un peu inclinés d'un côté ou de l'autre, de sorte qu'ils coupent en différents angles la ligne fictive allant de l'extrémité du bâtonnet supérieur à l'extrémité du bâtonnet inférieur. On comprend que, à mesure que les bâtonnets se multiplient, le mucilage s'étend en longueur et en largeur, et qu'il finit par former des boules, contenant les bâtonnets irrégulièrement arrangés, glissant les uns au-dessous des autres ou prenant une position perpendiculaire à la direction primitive de leur croissance. Je dois encore mentionner que la formation de Zooglœa n'a pas seulement lieu, comme Van Tieghem le prétend, dans des espaces restreints (les espaces intercellulaires du tissu végétal tombant en putréfaction), mais aussi, et même plus énergiquement, dans le liquide environnant, ainsi que dans des solutions nutritives sans substratums fermes.

Tandis que la colonie s'agrandit comme il vient d'être dit, par des divisions successives, quelques bâtonnets ne croissent plus en longueur et commencent à croître en épaisseur, soit en un seul point, soit régulièrement dans toute l'étendue du bâtonnet. Dans le premier cas, le bâtonnet prend la forme d'un court fuseau, d'une bulle ou d'un têtard; dans le second cas, il devient ellipsoïde ou cylindrique-ellipsoïde. Pendant qu'il double ou triple sa grosseur, le bâtonnet se nourrit aussi plus fortement; le contenu se densifie, ce qu'on reconnaît facilement à sa plus grande réfrangibilité, mais il reste provisoirement hyalin et sans granulations. Les changements ultérieurs peuvent varier d'après les circonstances. Quelquefois une gouttelette plus réfringente apparaît dans le bâtonnet grossi (vers le milieu pour les bâtonnets fusiformes, à l'extrémité gonflée pour les formes capitées, sur un point quelconque pour les formes cylindriques), tandis que le reste du contenu reste hyalin ; d'autres fois, tout le contenu devient trouble, par l'apparition d'un grand nombre de gouttelettes, qui se réunissent ensuite en une seule goutte. Dans les deux cas, l'endroit où est placé la goutte plus réfringente indique le lieu de naissance de la spore. A cet endroit, tout le contenu du bâtonnet se condense de plus en plus et prend enfin la forme d'une spore ovale ou cylindrique. Des bâtonnets libres, non englués en Zooglœa, peuvent conserver leur mobilité dans cette phase de leur existence, ce qui les a fait prendre à tort pour des spores germées par plusieurs observateurs.

Si jusqu'ici la marche du développement fait déjà présumer que l'*Amylobacter* appartient à une espèce très différente du *B. subtilis*, le mode de germination de la spore fournit la preuve que ces Bactéries sont non seulement des organismes d'espèces mais aussi de genres différents. — La première annonce de la germination est indiquée par les mêmes changements que chez *B. subtilis*. Les spores se gonflent et perdent leur réfrangibilité. Après une heure et demie ou deux heures, tous sont ternes et ont au moins doublé de volume. Il s'écoule, chez eux aussi, un temps assez long avant qu'il apparaisse une utricule germinative; jusqu'à ce moment, ils ne changent plus : tout au plus ils s'étendent encore un peu dans la direction de l'axe longitudinal. L'utricule sort ensuite au niveau de l'un

des deux pôles de la spore, où un fragment de la membrane est résorbé, de manière à laisser une ouverture ronde. Dès que l'utricule est sortie, on aperçoit que le contenu se retire de la cloison opposée, et, dans des conditions favorables, on peut distinguer le jeune bâtonnet dans toute sa longueur dans la membrane de la spore. Tandis que le bâtonnet croît par une de ses extrémités et se segmente en nouveaux bâtonnets, l'autre extrémité se retire peu à peu de la membrane de la spore, qu'elle repousse enfin par une secousse plus ou moins forte. Cette membrane abandonnée a deux contours nettement distincts, et elle est également épaissie dans toute son étendue, et au moins deux fois aussi grande que la spore, à laquelle elle servait d'enveloppe. Il est très rare qu'on puisse encore retrouver l'ouverture par laquelle le mince bâtonnet est sorti; ordinairement, la membrane vide a l'apparence d'être intacte.

Ces particularités, que j'ai constatées maintes fois sur des spores en voie de germination de l'*Amylobacter*, démentent non seulement de la manière la plus radicale l'opinion déjà citée de Van Tieghem que l'*Amylobacter* se rapprocherait beaucoup, quant à l'histoire de son développement, du *B. subtilis ;* elles fournissent encore la preuve irrécusable que, malgré la simplicité de l'organisme, il existe une diversité morphologique dans le groupe des Schizomycètes qui paraît permettre une distinction en espèces et en genres d'après les principes reconnus, fondée sur la morphologie et l'histoire du développement. On sait que Cohn a affirmé le premier que les Bactéries se laissent aussi bien diviser en espèces et en genres naturels que tout autre groupe inférieur du règne animal et végétal. Cette opinion a été très combattue, parce qu'elle était plutôt basée sur des considérations physiologiques que sur des faits morphologiques. Je dois faire ressortir d'autant plus que j'ai réussi à prouver le bien fondé de cette opinion, parce que je dois les résultats les plus importants de mes recherches à l'étude des travaux de Cohn.

Occupons-nous maintenant de la biologie et de la fermentation produite par la Bactérie en question. D'après Van Tieghem, elle serait l'agent actif de la décomposition de la cellulose. Dans sa première publication, il cite les raisons suivantes pour étayer son opinion :

1° Que, partout où se fait une décomposition rapide du tissu végétal, cette Bactérie se trouve en très grande quantité ;

2° Qu'elle possède la faculté, dans une certaine phase de sa vie, d'emmagasiner de l'amidon amorphe, faculté qu'il cherche à mettre en rapport avec la décomposition de la cellulose;

3° Qu'elle ne se développe ni dans des liquides nutritifs ni sur des substratums d'origine animale.

Dans un travail ultérieur, publié récemment, Van Tieghem s'est considérablement écarté de ses premières opinions. Nous rencontrons ici en premier lieu l'affirmation que l'*Amylobacter* possède la propriété de dissoudre la cellulose et de la faire fermenter avec dégagement de gaz, affirmation qui ne se trouve pas dans sa première publication, quoique Van Tieghem prétende la citer (1). Ensuite il

(1) Il est fort significatif, pour le genre d'expériences dont Van Tieghem a tiré la conclusion que l'*Amylobacter* serait le ferment de la décomposition de la cellulose, que dans sa première publication il ne parle nulle part de fermentation, mais toujours seulement de putréfaction des

énumère une série de modifications de la cellulose, qui sont inaccessibles à la fermentation par l'*Amylobacter*. Enfin il dit qu'en dehors de la cellulose l'*Amylobacter* peut encore faire fermenter de l'amidon soluble, de la dextrine, de la glucose et du sucre de canne, lorsqu'il rencontre ces substances dans des liquides nutritifs accompagnées des sels minéraux nécessaires, et qu'il se dégage de l'acide carbonique par cette fermentation, tandis qu'il se produit un acide qui peut être neutralisé par le carbonate de chaux. Le genre de fermentation produit dans ces matières par l'*Amylobacter* est nommé par lui « une fermentation spéciale et nouvelle ».

Pour ce qui est de la faculté de l'*Amylobacter* de faire fermenter la cellulose, Van Tieghem lui-même avoue qu'elle est nulle, lorsqu'il a à sa disposition, à côté de la cellulose, une autre substance plus facilement décomposable, telle que le sucre. Je peux ajouter que le résultat est le même lorsqu'avec la cellulose se trouve de la dextrine, de l'amidon cuit, et, sauf rectification, aussi une huile grasse. Cette propriété de faire fermenter nombre de substances plus facilement que la cellulose est si marquée que j'ai longtemps incliné à croire que l'*Amylobacter* ne pouvait pas du tout faire fermenter la cellulose.

Mais, quelle que soit la nature des substances que l'*Amylobacter* peut faire fermenter, le résultat final reste le même; le produit de la fermentation est toujours de l'acide butyrique. Au troisième jour de la fermentation, on le reconnaît déjà distinctement par l'odeur; si la fermentation continue plus longtemps, l'analyse chimique en démontre des quantités notables. Je ne peux m'expliquer que Van Tieghem ne sache pas quel est l'acide dégagé par le processus vital de l'*Amylobacter*, qu'en admettant, ou bien qu'il avait des cultures mêlées, dans lesquelles l'acide butyrique était neutralisé par le produit de la fermentation d'autres Bactéries, ou qu'il a pris pour l'*Amylobacter* une autre Bactérie, dont je parlerai plus tard.

L'*Amylobacter* étant le ferment de l'acide butyrique, il me paraît superflu de rechercher s'il est en même temps le ferment de la putréfaction de la cellulose ou de la fermentation de la cellulose. Il est probable que, à côté des matières déjà nommées, on en trouverait encore une quantité qui sont plus accessibles au ferment de l'acide butyrique que la cellulose. Si nous considérons que l'acide lactique et ses sels subissent très facilement la fermentation butyrique, beaucoup plus facilement que les liquides qui contiennent de la dextrine et du sucre, et si nous admettons, comme Van Tieghen l'indique lui-même, que la cellulose est transformée par l'*Amylobacter*, avant sa fermentation, d'abord en dextrine, ensuite en sucre de raisin, nous ne pouvons nous empêcher de croire que la cellulose pourrait bien être la dernière d'une série de combinaisons pouvant servir de matières à la fermentation butyrique. D'un autre côté, on peut être certain que l'*Amylobacter* n'a pas seul le pouvoir de dissoudre et de décomposer la cellulose,

membranes de cellulose; aussi ne dit-il pas le moins du monde que ce processus serait accompagné d'un dégagement de gaz. Malgré cela, Van Tieghem croit pouvoir dire : « En même temps, j'ai montré qu'il possède la propriété remarquable de dissoudre la cellulose et de la faire fermenter avec dégagement de gaz. » Plus tard, j'aurai l'occasion de montrer que Van Tieghem se rend coupable d'inexactitudes pareilles en citant d'autres auteurs.

mais que d'autres Bactéries possèdent cette propriété même à un plus haut degré. Sinon, nous devrions trouver de l'acide butyrique toutes les fois que du tissu végétal est décomposé, ce qui n'est pas le cas; nous devrions aussi voir prospérer l'*Amylobacter* dans la même mesure que la décomposition devient plus rapide, ce qui est encore en contradiction avec les faits. Car dans des cultures pures, dans lesquelles l'*Amylobacter* fourmille, les tissus végétaux résistent très longtemps et ne sont que peu endommagés après une fermentation vigoureuse de plusieurs semaines; plus la culture est mélangée, plus la décomposition des tissus se fait au contraire rapidement. Dans tous les cas de décomposition énergique, accomplie en trois à quatre jours, j'ai bien trouvé d'autres Bactéries en masses, mais pas d'*Amylobacter*.

Je ne peux pas m'arrêter en détail à toutes les contradictions qui se trouvent à foison dans les deux publications citées de Van Tieghem, d'autant plus que les phénomènes physiologiques de la fermentation dans des milieux différents et dans des circonstances différentes ne peuvent être expliqués qu'à l'aide d'une connaissance approfondie de la chimie. Il y a cependant un point que je ne voudrais pas passer sous silence. Il s'agit d'un phénomène que Van Tieghem nomme l'indice le plus caractéristique de l'*Amylobacter* et qui consiste dans sa propriété d'emmagasiner, dans certaines conditions, surtout dans ses dernières phases de développement, une combinaison qui devient violette dans des solutions d'iode. Ce phénomène se produit surtout très distinctement si nous cultivons le ferment de l'acide butyrique sur des substances contenant de l'amidon; cependant il apparaît aussi sur de la cellulose en fermentation. Il ne se produit jamais lorsqu'on se sert de liquides contenant de la dextrine et du sucre; il réapparaît lorsqu'on remplace ceux-ci par de l'amidon dissous ou de l'amylodextrine. Comme dans ce dernier cas nous devons admettre que l'amylodextrine est directement absorbée par l'*Amylobacter*, il semble qu'on peut en conclure que, lorsque de l'amidon et de la cellulose entrent en fermentation, c'est encore la même composition qui fait devenir les bâtonnets violets, lorsqu'on y ajoute de l'iode. On ne peut donc parler que dans un sens restreint d'une « phase amylacée », et la couleur violette ne peut aucunement être indiquée comme un caractère distinctif de l'*Amylobacter*, d'autant plus que d'autres Bactéries paraissent le posséder également.

Je ne veux pas passer sous silence que dans mes cultures j'ai souvent obtenu une Bactérie qui, ordinairement et d'après l'histoire de son développement, ne diffère presque pas du ferment de l'acide butyrique. Elle a aussi la propriété de devenir violette dans les solutions d'iode, quoique ce phénomène ne se produise que très rarement sur des substratums renfermant beaucoup d'amidon (tels que des morceaux de pomme de terre cuite). J'ai cependant toujours réussi à le faire apparaître, lorsque je saturais le liquide environnant avec de l'amidon dissous ou de l'amylodextrine. La multiplication de cette Bactérie est également accompagnée d'un vif dégagement de gaz, et au moyen du papier de tournesol on pouvait aussi trouver la trace d'acide. Cependant elle différait sous deux rapports du ferment de l'acide butyrique.

En premier lieu, les jeunes bâtonnets venaient bientôt au repos et formaient des colonies de Zoogloea, qui étaient amenées à la surface du liquide par les

bulles de gaz qui montent, et ces colonies s'y réunissaient en masses mucilagineuses jaunâtres ou blanchâtres, d'une épaisseur que je n'ai encore observée chez aucune autre Bactérie. En second lieu, l'acide n'était certainement pas de l'acide butyrique, car il était inodore, même lorsqu'au moyen du papier de tournesol ou de l'ammoniaque on constatait une quantité assez considérable d'acide. Je n'ai pas encore pu déterminer quel est le genre d'acide qui est le produit de cette Bactérie.

A cause des différences mentionnées, à cause d'autres moins importantes, auxquelles je ne puis pas m'arrêter, et parce que je n'ai pas réussi à amener cette Bactérie à la fermentation de l'acide butyrique, je crois pouvoir conclure qu'elle constitue un ferment particulier et par conséquent une espèce particulière dans le sens de la classification voulue par Cohn.

Je publierai bientôt un grand travail pourvu de tous les dessins nécessaires et dans lequel je parlerai à fond de la place qu'il convient d'assigner au ferment de l'acide butyrique.

III. *Vibrio Rugula* Muller. — Cette Bactérie se trouvait constamment dans mes premières cultures du ferment de l'acide butyrique. Je l'ai obtenue pour la première fois en grande quantité en portant une goutte de ces cultures sur des morceaux de racine d'*Inula Helenium* arrosés avec de l'eau distillée. Ici il ne se fit aucun développement de ferment d'acide butyrique ; mais, pendant que les morceaux de racine se décomposaient rapidement, apparurent surtout des *Vibrio Rugula* et une autre Bactérie en forme de bâtonnet, dont je ne peux pas déterminer plus exactement l'espèce, faute de faits relatifs à l'histoire de son développement. Il est caractéristique que le liquide dans lequel était fait la culture eut immédiatement une réaction alcaline , et que celle-ci dura jusqu'à l'extinction complète de toute vie. J'obtins le même résultat en transportant les deux Bactéries sur des morceaux de pomme de terre plongés dans de l'eau distillée ; ici encore, la rapide décomposition du tissu fut accompagnée d'une forte réaction alcaline du liquide.

Voici brièvement l'histoire du développement de *Vibrio Rugula*. Les jeunes bâtonnets, ayant jusqu'à 8 millièmes de millimètre de longueur, sont excessivement minces, ce qui, joint à leur extrême mobilité, peut faire qu'on ne les aperçoit pas dans le tourbillonnement avec d'autres Bactéries. Ils ont toujours une courbure constante. Ils croissent quelquefois en filaments allongés, qui, lorsqu'ils ne sont pas articulés par des cloisons transversales bien distinctes, ressemblent beaucoup à la seconde espèce de ce genre, établie par Müller. Ils forment aussi des tourbillons, qui, d'après ce que je crois, sont agglutinés par du mucilage. Leur développement ultérieur concorde assez avec celui du ferment de l'acide butyrique. Ils grossissent de deux ou trois fois, d'abord également sur toute leur longueur. Dans cet état, ils ont l'aspect représenté par Cohn dans le premier volume de ses *Beiträge*, etc., tab. III, fig. 16. Ensuite se produit, à l'extrémité du bâtonnet, et jamais vers le milieu, un renflement sphérique, qui absorbe peu à peu tout le contenu du bâtonnet et devient ainsi le berceau de la spore. Les spores du *V. Rugula* sont toujours sphériques et entourées, comme les spores d'autres Bactéries, d'un contour obscur et d'un cercle clair. Mais, dans mon ouvrage,

j'apporterai des preuves que ce cercle clair n'est qu'un phénomène optique et ne fait pas partie de la constitution des spores. Je n'ai pas observé plus loin le développement des spores de *V. Rugula.*

IV. *Bacillus Ulna* Cohn. — Cette espèce de *Bacillus*, établie pour la première fois par Cohn, est si caractéristique, tant par sa taille que par ses mouvements particuliers un peu lourds, qu'on peut facilement la reconnaître parmi des centaines d'autres Bactéries du blanc d'œuf dur, et dans les mêmes circonstances, plus tard aussi en semant des spores sur d'autres substratums. Leur grosseur varie entre 1 1/2 et 2 1/4 millimètres, leur longueur entre 4 et 10 millimètres. Dans un milieu favorable, elles croissent en longs filaments, toujours distinctement articulés, qui s'enchevêtrent et forment de grandes pelotes tomenteuses, comme les deux autres espèces de ce genre, *B. subtilis* et *B. anthracis*. La formation des spores est annoncée par la condensation du plasma du bâtonnet en un seul point dans une grosse goutte, ou bien dans plusieurs endroits à la fois, après quoi les petites gouttes se rassemblent plus tard en une seule grande qui produit des spores. Cette marche diffère un peu de celle dans laquelle les bâtonnets se décomposent, en ce que chez ces derniers de petites gouttes apparaissent aussi en grande quantité, mais ne se rassemblent pas; elles restent au contraire à l'endroit où elles sont nées, jusqu'à la complète dégénération du bâtonnet. La forme des spores est oblongue, cylindrique. Les spores sont en rapport avec la taille de cette Bactérie, et beaucoup plus grandes que celles de toute autre espèce. Je n'en ai pas encore pris des mesures exactes.

Prasmowski (1).

(1) In *Botan. Zeit.*, 1879.

SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des sciences de Paris.

Séance du 20 octobre 1879.

BOWN-SÉQUARD, *Des influences d'inhibition (arrêt) de l'encéphale sur lui-même ou sur la moelle épinière, et de ce dernier centre sur lui-même ou sur l'encéphale.* — L'auteur tire de ses expériences les conclusions suivantes :

« 1° Sous l'influence d'une irritation locale, nombre de parties de l'encéphale peuvent déterminer l'inhibition (arrêt) de l'excitabilité au galvanisme de plusieurs autres parties de ce centre nerveux ou de la moelle épinière, soit du même côté, soit du côté opposé.

« 2° La moelle épinière, irritée en certains points, peut déterminer l'inhibition des propriétés excito-motrices d'autres parties de ce centre nerveux à une grande distance en avant ou en arrière de la lésion irritatrice.

« 3° Le nerf sciatique et la moelle épinière peuvent déterminer, du côté opposé à celui où on les a irrités par une section, l'inhibition de l'excitabilité au galvanisme et d'autres propriétés de l'encéphale dans toutes ses parties, y compris celles où l'on a cru pouvoir localiser des centres psychomoteurs. »

RANVIER, *Sur le mode d'union des cellules du corps muqueux de Malpighi.* — On sait que les cellules paraissent munies de stries dites scalariformes, dont la nature a été fort discutée. On a considéré ces stries comme des pointes emboîtées, ou au contraire juxtaposées bout à bout. D'après M. Ranvier, ces stries sont formées par des filaments protoplasmiques souvent munis de nodules et unissant les cellules. « Chacun de ces filaments ne résulte pas de la soudure de deux filaments placés bout à bout, et le nodule qui occupe leur milieu n'est pas la trace d'une soudure ; c'est un organe élastique qui permet l'élargissement facile des espaces destinés à la circulation des tissus nutritifs entre les cellules du corps muqueux de Malpighi. »

Séance du 27 octobre 1879.

MAURICE RAYNAUD, *De la transmissibilité de la rage de l'homme au lapin.* — L'auteur a constaté que le sang d'un homme atteint de la rage, inoculé au lapin, ne produit pas la rage ; mais l'inoculation de la salive est suivie de production d'une rage mortelle. La salive du lapin ainsi inoculée produisit la mort de deux autres lapins ; il en fut de même des fragments des deux glandes salivaires.

COUTY ET DE LACERDA, *Origine des propriétés toxiques du curare des Indiens.* — Les auteurs se sont assurés que les plantes associées par les Indiens à certains *Strychnos* dans la préparation du curare ne produisent pas l'action du curare. Cette dernière paraît être due aux *Strychnos triplinervia* et *Castelnæa* du Brésil.

Séance du 17 novembre 1879.

A. Gautier, *Sur la chlorophylle*. — L'auteur rappelle que, le 20 juillet 1877, il communiqua à la Société chimique de Paris des cristaux de chlorophylle. M. Hoppe-Seyler ayant récemment publié l'observation d'un corps sans doute semblable, également cristallisé, M. Gautier expose avec quelques détails les résultats de ses propres recherches.

« Pour obtenir la chlorophylle, dit-il, je prends des feuilles vertes d'épinard, de cresson, etc., que je pile dans un mortier en ajoutant à la pulpe un peu de carbonate de soude jusqu'à presque neutralisation du jus, puis je soumets à une forte pression. Je délaye ensuite le marc dans de l'alcool à 55° C., et je comprime de nouveau énergiquement. Je reprends alors la matière ainsi épuisée à froid par de l'alcool à 83° C. La chlorophylle se dissout, ainsi que les cires, les graisses, les pigments. La liqueur est filtrée et mise alors en contact avec du noir animal en grain, au préalable lavé et porté à une température suffisamment élevée. Au bout de quatre à cinq jours, il s'est emparé de la matière colorante verte ; la liqueur est devenue jaune, verdâtre ou brunâtre ; elle contient toutes les impuretés. On la décante, on recueille le noir dans une allonge fermée par du coton, et on lave à l'alcool à 65° C. Celui-ci s'empare d'une substance jaune cristallisable, déjà signalée comme accompagnant généralement la chlorophylle et qui paraît en rapport intime de composition avec elle. Sur le noir ainsi privé du corps jaune, ou n'en contenant que des traces, on verse de l'éther anhydre, ou mieux de l'huile légère de pétrole, qui ne dissout pas la matière jaune. Ces dissolvants s'emparent de la chlorophylle et donnent une liqueur verte très foncée, qui, par une lente évaporation à l'obscurité, fournit la chlorophylle cristallisée.

« Elle est formée de petits cristaux en aiguilles aplaties, souvent rayonnantes, pouvant avoir plus d'un demi-centimètre de long, de consistance un peu molle, de couleur verte, intense lorsqu'elle est récente, plus tard vert jaunâtre ou vert brunâtre. Lorsqu'elle cristallise trop vite, elle donne des masses vert noirâtre, entièrement formées de cristaux microscopiques, qui, lorsqu'ils ne sont pas tout à fait déversés d'eaux mères, sont beaucoup plus foncés que les plaques verdâtres qui les entourent. Les plus petits sont verts par transparence ; quelques-uns, toutefois, colorent la lumière transmise d'une belle teinte lilas, soit que ceux-ci appartiennent à un pigment spécial, soit plutôt que les cristaux dichroïques de chlorophylle présentent des teintes complémentaires lorsque la lumière les traverse dans un sens ou dans l'autre.

« Ces cristaux m'ont paru appartenir au système du prisme rhomboïdal oblique ; le rhomboèdre, souvent dénué de toute faculté modificatrice, présente un angle de 45° environ.

« Enfin, à la lumière même diffuse, ils deviennent lentement vert jaunâtre, puis se décolorent au bout d'un très long temps. La matière vert brunâtre ou vert jaunâtre est devenue incristallisable.

« Il résulte de mes recherches que la chlorophylle, que l'on a successivement comparée à une cire, à une résine, à une graisse, etc., doit être en réalité rapprochée de la bilirubine, au point de vue de ses aptitudes, de ses réactions et de

sa composition élémentaire. Comme la bilirubine, la chlorophylle se dissout dans l'éther, le chloroforme, le pétrole, le sulfure de carbone, la benzine, et se dépose de ses solutions tantôt amorphe, tantôt cristallisée. Comme elle, elle est enlevée à la plupart de ses dissolvants par le noir animal, qui peut ensuite, s'il a été préparé dans les conditions voulues, la céder de nouveau à l'éther. Comme la bilirubine, la chlorophylle joue le rôle d'un acide faible donnant des sels solubles et instables avec les alcalis, des sels insolubles avec toutes les autres bases. Comme les solutions alcalines de chlorophylle, les solutions alcalines de bilirubine s'altèrent et s'oxydent très facilement sous l'influence de l'incitation lumineuse. Ces deux substances donnent de nombreux dérivés colorants, jaunes, verts, rouges et bruns; je les ai constatés pour la chlorophylle, que l'on peut faire successivement passer, comme la bilirubine, du vert au jaune, au rouge, au brun, par soustraction ou addition d'oxygène. Enfin, la chlorophylle, comme la bilirubine, jouit de la propriété de s'unir directement à l'hydrogène naissant.

« Là ne s'arrête pas leur analogie. Quand on met de la chlorophylle en digestion avec de l'acide chlorhydrique concentré et chaud, elle se dédouble, comme l'avait déjà constaté M. Frémy, en deux nouvelles substances, l'une qui donne une belle solution vert bleuâtre, l'autre qui reste insoluble, mais qui se dissout en brun dans l'éther et l'alcool chaud, dont elle paraît apte à se séparer en cristallisant (*phylloxanthine*). La substance, dissoute dans l'acide chlorhydrique (acide phyllocyanique de M. Frémy), peut être séparée de sa solution chlorhydrique par saturation. C'est une matière vert olive, soluble dans l'alcool et l'éther, s'unissant aux bases, avec lesquelles elle forme des sels alcalins solubles, des sels terreux verts ou bruns. D'après des analyses préliminaires que je ne traduis ici que sous réserve, elle me paraît répondre à la composition $C^{19}H^{22}Az^{2}O^{3}$. Si l'on se rappelle que la bilirubine a pour formule $C^{16}H^{18}Az^{2}O^{3}$, on voit que les deux substances colorantes, très rapprochées d'ailleurs par leurs caractères généraux, sont des isologues. Je n'ai pas encore d'analyse du second terme qui résulte de ce curieux dédoublement. A 160°, la matière verte, échauffée avec HCl, donne une base à chloroplatinate soluble.

« Lorsqu'on fond la chlorophylle avec la potasse caustique concentrée, elle se dédouble en deux parties, dont l'une s'unit à la potasse, tandis que l'autre s'en sépare sous forme d'une matière brun rougeâtre, soluble dans l'eau bouillante. Si l'on élève la température, une décomposition profonde se produit; il se dégage des gaz alcalins, et il se développe une odeur désagréable; mais à aucun moment de cette attaque il ne se fait de substance qui, après saturation exacte de l'alcali, colore les sels de fer en bleu, noir ou vert, observation qui exclut définitivement l'hypothèse de Hlassiwetz, qui pensait que le pigment vert des végétaux dérivait de la quescétine ou des corps analogues, unis à une trace de fer.

« Contrairement à ce qui a été dit par Verdeil, Pfaundler, etc., la chlorophylle est tout à fait exempte de ce dernier métal; elle fond lorsqu'on la chauffe, boursoufle, émet des gaz acides, donne un charbon très léger, difficilement combustible, et laisse de 1,7 à 1,8 pour 100 de cendres blanches, formées de phosphates alcalins avec un peu de magnésie, une trace de chaux et de sulfate; mais elles sont absolument privées de fer.

Séance du 24 novembre 1879.

Trécul, *De la chlorophylle cristallisée.* — L'auteur rappelle qu'en 1865 il a signalé à l'Académie la découverte faite par lui de chlorophylle cristallisée dans des cellules de *Lactuca altissima.*

Brown-Séquard, *Sur une nouvelle propriété du système nerveux.* — « Il existe dans certaines parties du système nerveux une propriété spéciale qui, à l'inverse de celle qui produit les phénomènes inhibitoires, se manifeste par la production soudaine d'une augmentation d'énergie des propriétés d'autres parties de ce système. »

L'irritation due à la section transversale d'une moitié latérale de la base de l'encéphale est suivie immédiatement ou à bien peu près d'une augmentation notable des propriétés motrices des parties de ce centre nerveux, qui sont en avant de la section, tandis que l'inverse se produit du côté opposé.... J'ai constaté aussi, mais à un moindre degré, l'augmentation d'énergie des propriétés motrices d'une moitié de l'encéphale à la suite de la section, soit du nerf sciatique, soit d'une moitié latérale de la moelle dorsale ou lombaire. »

Séance du 1er décembre 1879.

Serrano Fatigati, *De l'influence des diverses couleurs sur le développement et la respiration des infusoires.* — L'auteur a employé des solutions de fuchsine, de bleu de Lyon, de violettes de Parme et de nitrate de nickel pour soumettre des infusoires à l'influence de couleurs à peu près monochromatiques. Il résume les résultats obtenus de la façon suivante : « La lumière violette active le développement des infusoires. — La lumière verte le retarde. — Quand de petits amas d'infusoires ont été transportés dans l'eau distillée, la lumière violette les fait éteindre plus vite que toutes les autres lumières. — La production de l'acide carbonique est toujours plus grande dans la lumière violette que dans les autres, et plus faible dans la lumière verte. — L'ensemble de ces faits montre que la respiration des infusoires est plus active dans la couleur violette que dans la couleur blanche et moins active dans le vert que dans cette dernière. »

Académie royale des Pays-Bas.

Classe des sciences mathématiques, physiques et naturelles.

Séance du 25 octobre 1879.

M. Suringar communique les résultats provisoires de l'étude d'un *Rafflesia* trouvé, le 29 décembre 1877, dans les solitudes situées entre les rivières la *Libi* et le *Lompattan-Andjang*, dans le haut pays de Padang (sous-division Soengei Pagal et XII Kota), à Sumatra. La découverte est due à l'expédition scientifique néerlandaise qui a récemment exploré cette île. Aucun botaniste n'était attaché à cette expédition, mais deux de ses membres, M. A. L. Van Hasselt, fonctionnaire aux

Indes, et M. J. F. Snelleman, zoologiste, n'ont pas négligé d'observer et de recueillir, lorsque l'occasion s'en présentait, divers objets appartenant au règne végétal.

Indépendamment d'une photographie très nette de ce *Rafflesia*, exécutée par M. D. Veth, il en a été fait par M. Van Hasselt une esquisse à échelle réduite, accompagnée de l'indication des dimensions véritables et des couleurs naturelles de la plante. Le dessin et la photographie représentent la fleur ouverte, vue d'en haut. Un mince secteur de cette fleur avait, en outre, été conservé dans l'esprit-de-vin. Tels sont les matériaux qui ont été remis à M. Suringar pour la détermination de l'espèce.

A l'appui de sa description, M. Suringar met sous les yeux de l'Académie un dessin complet, de grandeur naturelle, fait sous sa direction d'après les données susdites, et accompagné des analyses nécessaires; comme termes de comparaison, il montre en outre les figures des autres espèces publiées de ce genre.

Les caractères employés pour la distinction des différentes espèces sont d'abord passés en revue et examinés quant à leur valeur relative.

En ce qui concerne la plante actuelle, c'est avec le *R. Arnoldi* qu'elle présente, à première vue, le plus de ressemblance. Son diamètre est de 57 centimètres, et par conséquent égal à celui des petits exemplaires de l'espèce qui vient d'être nommée; le tube du périanthe est aussi couvert des mêmes productions piliformes, et autour de la base de la colonne centrale il y a un anneau distinctement crénelé. Si la couronne, suivant la disposition ordinaire dans ce genre, est recourbée en dedans jusqu'au bord du disque stigmatique, et par conséquent ne répond pas à la figure de la fleur ouverte du *R. Arnoldi* publiée dans le premier Mémoire de R. Brown, cela s'explique peut-être par des circonstances particulières. Ce dessin, en effet, ayant été commencé par le Dr Arnold d'après un exemplaire endommagé durant le transport, et ayant, après la mort de ce savant, été achevé par d'autres mains, on ne doit pas y attacher une trop grande valeur. Il est à remarquer, d'ailleurs, que dans la figure de la fleur ouverte publiée postérieurement par Miquel, et faite sur un exemplaire apporté vivant de Sumatra à Java, la couronne est également incurvée jusqu'au disque stigmatique.

Mais il y a d'autres différences, qui s'opposent à l'identification avec *R. Arnoldi*. La pubescence des bords carénés des sillons dans lesquels sont situées les étamines est beaucoup plus forte que ne l'indiquent les analyses très soignées de M. Bauer, et, au lieu des deux anneaux entourant la base de la colonne centrale, il n'y en a qu'un seul, crénelé et moniliforme; l'anneau uni, qui chez *R. Arnoldi* doit se trouver au-dessus de l'anneau crénelé, manque ici complètement. Au-dessous de l'anneau, il y a une large surface glabre, un peu bombée et à stries rayonnantes faiblement accusées; si l'on voulait voir dans cette surface un second anneau (analogue à celui de *R. Patma*), la disposition n'en serait pas moins tout autre que chez *R. Arnoldi*, où les deux anneaux sont bien prononcés et où le supérieur est uni, l'inférieur crénelé. *R. Patma* a l'anneau supérieur uni, tout au plus légèrement marqué de côtes, et il se distingue d'ailleurs immédiatement par le tube de son périanthe, chargé intérieurement de courts tubercules et non de longs *rameaux*.

Les lobes du périanthe sont rouge brunâtre, avec de grandes taches blanches,

peu nombreuses. Le nombre des productions styliformes sur le disque stigmatique est relativement assez petit. Le nombre des étamines ne peut être déterminé avec certitude d'après le fragment de fleur rapporté dans l'esprit-de-vin; estimé approximativement, par comparaison du fragment à la circonférence entière du cercle, il sera de vingt ou d'un peu plus. Comme, en dehors de cet exemplaire (mâle), aucun autre n'a été observé, la connaissance de la fleur femelle reste réservée à des recherches ultérieures, de même que la détermination des limites entre lesquelles se meuvent, en général, le diamètre de la fleur, le nombre des étamines et des processus styliformes, et les autres caractères.

M. Suringar propose de nommer l'espèce d'après l'auteur de la découverte, M. Van Hasselt, et de la caractériser par la courte diagnose suivante :

Rafflesia Hasseltii

Antheræ viginti (—); processus styliformes 17 (—); annulus columnæ baseos simplex moniliformis; parigonii diameter bipedalis (—), tubus intus ramentaceus.

In sylvis inter flumina *Libi* et *Lompattan-Andjang* insulæ *Sumatra.*

En terminant, M. Suringar fait remarquer que les éléments nécessaires lui font jusqu'ici défaut pour comparer le *Rafflesia* en question avec celui qui a été trouvé par M. Beccasi à Bornéo et qui, décrit d'abord comme nouveau sous le nom de *R. Fuan Mudæ*, a été ensuite identifié avec *R. Arnoldi.* Sous d'autres rapports encore, l'étude actuelle a besoin d'être complétée. La description détaillée et la figure de l'espèce seront probablement publiées dans les Mémoires de la Société géographique néerlandaise.

M. Place communique les résultats d'un certain nombre de déterminations de la quantité d'acide carbonique qu'on peut obtenir, dans diverses conditions, du tissu musculaire frais. Il a été conduit à s'occuper de ce sujet à la suite des expériences faites dernièrement à Bonn par le Dr R. Stintzing, avec le concours du professeur Pflüger. Ce dernier, examinant la question de savoir si la production d'acide carbonique dans le tissu musculaire dépend d'un phénomène de dissociation ou d'un phénomène de fermentation, avait voulu la trancher en cherchant si par l'ébullition du tissu musculaire on parviendrait à dégager de l'acide carbonique en quantités notables. M. Stintzing a obtenu par ce moyen, en moyenne (les chiffres directs étant, il est vrai, très discordants), 100 volumes pour cent CO_2, et il a trouvé une quantité moindre lorsque les muscles avaient été préalablement fatigués par la tétanisation ou mis en digestion dans l'eau à la température du corps, d'où il conclut que la formation d'acide carbonique dans le tissu musculaire est le résultat d'un acte de dissociation. Quelque temps après, M. Stintzing a publié de nouvelles recherches, dans lesquelles la quantité d'acide carbonique expulsé par l'ébullution a été ramenée à environ 20 volumes pour cent.

Dans les expériences de M. Place, il n'a pas été fait usage de la chair de lapin, mais de celle de grenouille; de plus, la méthode a été un peu modifiée, et on s'est assuré, par des expériences de contrôle, qu'elle méritait toute confiance. Chaque fois, les membres postérieurs de six grenouilles, après qu'on les avait dépouillés de leur peau et qu'on en avait retranché les pieds, étaient introduits aussi rapidement que possible dans le matras, recouverts d'eau bouillante et maintenus pendant trois

heures à l'ébullition. Dans deux séries de sept et de quatre expériences, on obtint en moyenne 70 et 56,7 volumes pour cent d'acide carbonique, calculé d'après le poids des pattes. Des expériences spéciales apprirent que les os frais des grenouilles fournissent 192 volumes pour cent CO_2, et que les tendons frais du veau en donnent même 244 et 267 volumes pour cent. Une partie de l'acide carbonique dégagé devait donc indubitablement être mise au compte des os, et en faisant cette déduction on trouve pour le tissu musculaire, dans les deux séries d'expériences dont il est question, en moyenne 47,5 et 39 volumes pour cent d'acide carbonique.

Dans une autre série de cinq expériences, où les muscles avaient été isolés et bouillis séparément, on trouve en moyenne 21,3 volumes pour cent CO_2. Mais ici — de même que dans les expériences de M. Stintzing, où, de plus, les muscles pris sur le lapin mort étaient encore hachés menu — une partie de l'acide carbonique s'était certainement déjà échappée avant que l'expérience commençât; il est donc probable que les chiffres cités ci-dessus, et qui ont été trouvés en partie par le calcul, se rapprochent plus de la vérité.

M. Place mentionne ensuite le résultat de trois expériences parallèles, dans lesquelles on étudia la différence des quantités d'acide carbonique obtenues, d'un côté par la simple ébullition, et de l'autre côté par la digestion, à la température ordinaire ou un peu au-dessus, suivie de l'ébullition pour chasser tout l'acide carbonique. Pour exclure l'influence perturbatrice des différences individuelles, les muscles des pattes postérieures droites et gauches de vingt-quatre grenouilles étaient toujours soumis simultanément à l'examen comparatif. Voici les résultats de ces expériences :

Acide carbonique obtenu dans :

	Chair en grammes.	La première ébull. de 3 heures.	La seconde ébull. de 3 heures.	Total.
a.	107	20 vol. p. c.	1,4 vol. p. c.	21,4 vol. p. c.
b.	124	18,3 » »	0 » »	18,4 » »
c.	174,4	21,7 » »	4,2 » »	25,9 » »
			Moyenne :	21,9 vol. p. c.

Acide carbonique obtenu par :

	Chair en grammes.	La digestion à + 25° C. durant 3-5 heures.	L'ébullition subséquente durant 3 heures.	Total.
a.	111	20,72 vol. p. c.	2,7 vol. p. c.	23,4 vol. p. c.
b.	122,5	27,6 » »	1,6 » »	29,2 » »
c.	179,4	17,7 » »	11,15 » »	28,85 » »
			Moyenne :	27,15 vol. p. c.

Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux

Séance du 13 novembre

Sur l'Agaric du Rhizomorpha fragilis, par M. Millardet. — L'auteur présente à la Société un bouquet d'*Agaricus melleus* recueilli au pied d'un abricotier d'une vingtaine d'années. Cet arbre, bien portant jusque vers la fin de l'année passée,

a succombé il y a peu de temps par suite du développement de ce parasite. Ses racines sont pourries pour la plupart, et l'on constate facilement, dans leur épaisseur et à leur surface, la présence du *Rhizomorpha fragilis*. La connexion de ce dernier avec l'*Agaricus melleus* est facile à établir.

Sur la pourriture de la vigne phylloxérée, par M. Millardet. — L'auteur rend compte des résultats que lui ont donnés, pendant la dernière campagne, ses recherches sur l'influence que les organismes parasitaires vivant dans le sol exercent sur la pourriture des nodosités phylloxériques de la vigne européenne. Il a renoncé aux cultures dans du sable calciné, qui, l'année précédente, ne lui avaient pas donné de résultats suffisants. Cette année, il a eu recours à la terre de jardin préalablement chauffée à une température de 120 à 150°, dans des vases en verre clos de toutes parts, à l'exception d'un petit orifice destiné à l'arrosage et d'un autre par lequel les graines de vignes ont été semées, par où les jeunes plantes ont pu sortir du vase, après leur germination, et qui a servi en outre à introduire le phylloxera. Un de ces vases, scellé depuis le mois d'avril dernier et qui contient un jeune chasselas phylloxéré de 65 centimètres de long, est ouvert devant la Société, qui peut s'assurer qu'un petit nombre des nombreuses nodosités qu'il porte sont pourries ou commencent à pourrir. Ainsi que M. Millardet le fait remarquer, cette observation n'est pas absolument concluante. Elle ne le serait que s'il pouvait présenter en même temps la contre-épreuve de cette expérience, c'est-à-dire d'autres plantes placées, du reste, dans des conditions identiques, mais pour lesquelles le sol n'aurait pas été purgé de ses organismes parasitaires. Malheureusement, les chasselas qu'il cultivait dans ce but sont morts en septembre, faute d'arrosage.

Néanmoins, il fait remarquer que la différence que présentent les racines de sa plante avec celles des vignes phylloxérées du vignoble est considérable et donne sinon toute la certitude désirable, du moins beaucoup de vraisemblance à son opinion, d'après laquelle la pourriture des renflements phylloxériques est due au parasitisme de divers champignons. En effet, tandis que dans le vignoble, au 1er septembre, on voit à peine 1/10 de nodosités qui ne soient pas totalement pourries, ici au contraire, après cinq moins d'infection, on n'en trouve guère que 1/5 qui soient détruites ou seulement atteintes par la pourriture, quels que soient du reste leur âge, leur développement et leur grosseur.

Il continuera ses recherches à ce sujet et espère obtenir, l'année prochaine, des résultats décisifs, quelque difficiles et délicates que soient de pareilles observations.

Société d'anthropologie de Paris.

Séance du 23 octobre.

M. Broca présente la tête du principal chef canaque de la dernière insurrection néo-calédonienne, *Ataï*. C'est celle d'un héros, dit-il, car il n'a fait que défendre sa patrie contre nos envahissements. Le front est bien développé ; elle est volumi-

neuse et, on peut le dire, d'un aspect noble dans l'immobilité de ses traits. Elle a été coupée sur le champ de bataille par un officier français qui l'a confiée à un médecin de la marine. M. Broca présente aussi la tête du sorcier de la tribu d'Ataï. Elle est infiniment plus petite, d'aspect chétif. Les cheveux sont presque droits ; la peau est moins noire. Elle appartient à un métis. On sait en effet que depuis la fin du siècle dernier deux races se sont mêles en Nouvelle-Calédonie.

M. des Essarts fait don d'un phallus recueilli dans un ancien temple japonais qui n'est plus fréquenté et est antérieur à l'introduction du bouddhisme.

M. l'abbé Durand fait une communication sur ses recherches concernant les navigateurs portugais qui, dès 1562, se sont avancés jusqu'au centre de l'Afrique et avaient d'importantes relations avec les peuples de cette région.

M. Soldès, à propos d'une communication de la séance précédente de M. Broca sur les proportions de l'Apollon du Belvédère et sur le canon que les Grecs auraient emprunté aux Egyptiens, expose les raisons décisives qu'il a de croire que les Grecs n'ont jamais eu de canons et les Egyptiens non plus. On ne trouve en Egypte que de petits modèles, qui sont des plaquettes sur lesquelles on a fait la *mise aux carreaux*. Il s'ensuit une discussion assez confuse, plus artistique qu'anthropologique.

M. Henri Martin présente de nouveau quelques observations sur le sujet qui le préoccupe depuis quelque temps, la race et le rôle des Celtes.

Entre autres, il fait cette remarque, sur laquelle il est utile d'insister, qu'il y a eu des blonds avant les Germains. Laissons, dit-il, ce nom de Germains aux Germains de l'histoire. Les Danois et les Suédois ne l'accepteraient pas. Ils accepteraient seulement à la rigueur celui de Teutons.

Les Belges appartiennent à ces blonds non germains. Ils parlaient une langue celtique ; leurs médailles portent des noms celtiques.

On sait que c'est à ces grands blonds primitifs que M. H. Martin persiste à donner le nom de Celtes, malgré l'opinion établie qu'il faut voir les descendants des Celtes dans les petits bruns de la France centrale, dans les Auvergnats, les Bas-Bretons, les Savoyards. Z.

BIBLIOGRAPHIE

Traité d'anatomie générale appliquée à la médecine, tel est le titre du 1er volume de l'ouvrage que vient de faire paraître M. Cadiat. L'auteur appartient à la faculté de médecine. C'est surtout aux médecins qu'il s'adresse; cependant il a cru et avec raison, que, sans sortir de son sujet, il pouvait faire de nombreuses incursions sur sur le domaine de la physiologie et de l'anatomie comparée. C'est qu'en effet les divisions établies par les hommes n'existent pas dans la nature. Dans tout être vivant, animal ou végétal, dans l'état physiologique aussi bien que dans l'état pathologique, on retrouve identiques ces propriétés de la matière organisée qui font que la cellule naît, se nourrit, se développe et se reproduit; de la connaissance exacte des propriétés des cellules à l'état physiologique, on pourrait presque déduire la nature de leurs altérations. Pénétré de ces idées, M. Cadiat a donc été logiquement conduit à étudier les éléments et les tissus au point de vue de l'embryogénie et de l'anatomie comparée; de cette étude est résultée parfois une interprétation nouvelle de certains faits pathologiques; c'est aux médecins qu'il appartient de discuter et de juger cette partie purement médicale de l'ouvrage; nous la laisserons de côté, pour nous occuper des questions d'anatomie comparée que l'auteur a cherché à approfondir.

Dans l'embryogénie clairement exposée, nous trouvons des données nouvelles sur la formation de la fente pleuro-péritonéale, de l'anus, du pharynx, des grandes cavités séreuses, etc.; dans l'histologie, une description exacte des éléments nerveux dans la série animale : on sait combien cette description est incomplète chez les auteurs; une division du tissu fibreux fondée sur l'anatomie comparée.

En physiologie, l'auteur nous donne une étude nouvelle de la contractilité musculaire. Disons enfin que, se plaçant au triple point de vue de l'embryogénie, de la physiologie et de l'anatomie, M. Cadiat en arrive à une conception nouvelle du système veineux, dans lequel il fait rentrer le cœur.

Dans un ouvrage de ce genre, l'étude de la dynamique animale ne pouvait pas non plus être laissée de côté. En traitant cette question, M. Cadiat a formulé scientifiquement des idées que l'on retrouve dans Bichat, mais exprimées sous une forme plus ou moins vague. Pour l'auteur, chaque individualité anatomique, la cellule par exemple, représente une force; un certain nombre de forces agissant chacune dans un sens déterminé produisent une résultante qui constitue le système anatomique, individualité anatomique plus élevée, jouant le rôle de résultante par rapport aux cellules, de composante par rapport aux organes. Ainsi de l'élément la synthèse conduit à la fonction.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir fait une analyse complète de l'ouvrage de M. Cadiat; par ce simple aperçu, nous avons seulement voulu montrer qu'il s'était proposé un but plus élevé que celui de faire un traité d'histologie pure, que l'on trouvait dans son œuvre nombre d'idées nouvelles offertes à la discussion, mais que toujours il s'était renfermé dans le domaine de la science positive, toujours guidé par cette pensée que « déterminer les conditions précises dans lesquelles les phénomènes se produisent, tel est le seul problème que nous devions tenter de résoudre.

BORDREAU.

CORRESPONDANCE

A MONSIEUR LE DIRECTEUR DE LA *Revue internationale des sciences*.

Monsieur,

Le 2 décembre 1876 paraissait dans la *Revue scientifique* un article de M. Edmond PERRIER, professeur au Muséum, sur la révision des Echinides d'A. AGASSIZ. Dans cet article, M. PERRIER indique comme pouvant s'appliquer à un travail analogue sur les Mollusques une méthode qu'*il aurait imaginée* et qu'il fait suivre à deux jeunes naturalistes, MM. POIRIER et BERTIN. Cette méthode aboutit à la confection d'une série de cartes portant en tête le *nom définitif*, au-dessous les *synonymes par ordre chronologique*, et, à part, l'*énumération des localités*. Ces cartes, rangées par ordre alphabétique, sont reliées par un système de renvois à celles qui résultent du dépouillement des ouvrages. Ces deux séries de cartes forment les éléments d'une publication semblable à celle de M. AGASSIZ; leur confection, d'ailleurs, ne prend que fort peu de temps, etc. Or je trouve dans le Catalogue des livres de la Bibliothèque du regretté M. DESHAYES, Catalogue publié par MM. BAILLÈRE (1875), un certain nº 1048, ainsi conçu :

« 1048. DESHAYES (G.-P.), page 77 du Catalogue. Nomenclator malacozoologicus. 34 cartons qui contiennent plusieurs dizaines de milliers de cartes, sur lesquelles M. le professeur DESHAYES a relevé, pendant le cours de sa longue carrière scientifique, tous les noms de coquilles fossiles ou vivantes, marines, terrestres ou fluviatiles avec leurs synonymies complètes. — *L'acquéreur aura le droit de publier ce travail !!!*

« Toute la science conchyliologique y est condensée : les diverses parties s'enchaînent et se coordonnent, et, quel que soit le travail que l'on veuille entreprendre, on en a dans la main tous les éléments.

« Cette réunion de cartes scientifiques est unique dans son genre.

« Elle a coûté à M. DESHAYES près de cinquante ans d'un travail assidu. » (*Note de M. Deshayes.*)

Le Catalogue donne un spécimen qui montre la quantité de renseignements accumulés sur seulement 13 cartes. De plus, la notice biographique accompagnant le Catalogue renferme, après l'énoncé des principaux travaux de M. DESHAYES, le passage suivant :

« Mais tous ces travaux, malgré leur importance, devaient encore être dépassés par un travail plus considérable, qu'il avait commencé en 1828, et qu'il appelait son *Nomenclator malacozoologicus* ou *Species Molluscorum tam viventium quam fossilium*, auquel il ne cessa de travailler jusqu'aux derniers jours de sa vie et qu'il laisse à l'état de manuscrit sur cartes, *prêt à subir une dernière révision d'ensemble et à être donné à l'impression*. En 1828, il disait avoir examiné plus de 6000 espèces; en 1863, il estimait que son travail comprenait plus de 50000 familles; *il inscrivait nominativement chaque espèce sur une carte et classait chaque*

espèce dans sa famille et dans son genre; il donnait la diagnose caractéristique en latin, la synonymie soumise de nouveau à la critique, et rangée dans un ordre presque toujours chronologique, l'habitat des espèces vivantes, et l'indication du gisement des espèce fossiles. Malheureusement, M. G.-P. Deshayes n'aura pas pu mener à bonne fin cette œuvre ; mais, telle qu'elle est, soit qu'elle entre dans un établissement public, soit qu'elle devienne la propriété d'un savant qui y mettra la dernière main, soit qu'elle trouve un éditeur qui tienne à honneur d'élever à la science un aussi beau monument, cette collection représente un immense labeur et une utilité incontestable. »

Simples questions :

1° M. Edmond Perrier n'a-t-il pas été l'aide naturaliste de M. Deshayes, dont il se garde bien de citer le nom ?

2° Le Muséum n'a-t-il pas acquis le n° 1048 de la vente de la bibliothèque Deshayes ?

3° Le *Répertoire malacologique* de M. Perrier n'a-t-il pas quelque parenté avec le *Nomenclator malacozoologicus* de M. Deshayes? Dans le cas de réponse affirmative, on comprendrait un peu comment la révision de la collection de conchyliologie du Muséum marche avec *une régularité, une sûreté et une rapidité plus grandes que n'auraient pu l'espérer* [1] ceux qui connaissent le bagage scientifique de M. Perrier en zoologie systématique ; on comprendrait aussi comment ce jeune naturaliste peut accomplir en si peu temps un travail que M. Deshayes, avec ses profondes connaissances, n'a pu mener à bonne fin après cinquante années de labeur.

Agréez, monsieur, etc.

UN AMATEUR DE PALÉONTOLOGIE.

1. Voir la *Revue scientifique*, *loc. cit.*

Le propriétaire-gérant, O. Doin.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Travaux publiés par M. Kölliker

(SUITE ET FIN)

Ueber Siphonophoren, p. 306.
Ueber Rippenquallen, p. 315.
Ueber Scheibenquallen, p. 320.
Neuer Schmarotzer, Lophoura, p. 359.
Bau von Leptocephalus und Helmichthys, p. 360.
Eigenthümliche Hautorgane u. Wirbel von Chauliodus, p. 366.
Luftlöcher der Schale der velelliden, Guanim bei Porpita, p. 367.
Chromatophoren bei Cymbulia, p. 332.
Entwickelung von Pneumodermon, p. 333; *Siebold und Köllliker. Zeitsch.*, 1853, IV, p. 299-370.

1854. Zur Anatomie und Physiologie der Retina (Hannover) Erwiederung auf eine Mittheilung des Hrn. A. Kölliker; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, V, 1864, p. 17-25.

KÖLLIKER ET H. MULLER.

1855. Bericht über die Während der Sommersemester, 1853 und 1854 in der physiologischen Anstalt der Universitat Wurzburg angestellten Versuche :
1. Versuche über die Speichelsecretion, p. 214.
2. Versuche über die Magenverdannuung, p. 218.
3. Versuche über den pancreatischen Saft, p. 220.
4. Versuche über der Darmsaft, p. 221.
5. Resultat der Anlegung von Gallenblasenfisteln, p. 221.
6. Nachweis der Zuckerbildung in der Leber, p. 232.
7. Versuche über den Einfluss des Vagus auf die Respiration, p. 233; *Wurzburg. Verhandl.*, V, 1855, p. 213.

KÖLLIKER ET SCANZONI.

1855. Quelques remarques sur le Trichomonas vaginalis de Donné; *Paris, Comptes rendus*, XL, 1855, p. 1076-1077. — *Ann. Nat. Hist.*, XV, 1855, p. 464-465. — *Brit. Assoc. Rep.*, 1855, p. 125.

KÖLLIKER ET H. MULLER.

1856. Zweiter Bericht über die im Jahr 1854-55, in der physiol. Anstalt der. Universit. Wurzburg angestellten Versuche :
1. Beiträge zur Lehre von der Gallensecretion, p. 436.
2. Ueber das Vorkommen von Leucin (und Tyrosin ?) im pancreatischen Safte und im Darminhalte nebst einigen Resultaten der Anlegung von Pancreasfisteln, p. 499.
3. Zu Lehre von der Wirkung des Darmsaftes auf Protein-Substanzen, p. 509.
4. Ludwig's Speichelversuch, p. 511.
5. Einige Untersuchungen über die Resorption von Eisensalzen, p. 516.
6. Ueber die Unsetzung von Amygdalin zu Blausäure im Lebendenkörper, p. 522.
7. Nachweis der negativen Schwankung des Muskeltroms am naturlich sich contrahirenden Muskel, p. 528; *Wurzburg. Verhandl.*, VI, 1855, p. 435-533.

KÖLLIKER ET H. MULLER.

1856. Ueber das electromotorische Verhalten des Froschherzens; *Berlin. Monatsbericht.*, 1856, p. 145-148.

KÖLLIKER ET H. MULLER.

1856. Anastomosen zwischen der Vena Porta und Vena Cava beim Hunde; *Wurzburg. Verhandl.*, VII, 1857 (*Sitz. Ber.*, 1856), p. VII-X.

KÖLLIKER ET C.-G. TARUS.

1857. Icones zootomicæ. 1re Hälfte. Die Wirbellosen Thiere; *Leipzig. Engellmann.*, 1857, in-f°, IV, 23 pl.

KÖLLIKER ET PELIKAN.

1858. Untersuchungen über die Einwirkung einiger Gifte auf die Leistungsfähigkeit der Muskeln; *Wurzburg. Verhandl.*, IX, 1859, p. 66-107.

KÖLLIKER ET PELIKAN.

1858. Physiologischtoxikologische Untersuchungen über die Wirkung des alkohologischen Extractes der Tanghinia venenifera; *Wurzburg. Verhandl.*, IX, 1859. p. 33-44. — *Roy. Soc. Proc.*, 1857-59, IX, p. 173-174.

KÖLLIKER ET H. RATHKE.

1861. Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere mit einem Vorwort, von *A. Kölliker. Leipzig, W. Engelmann*, 1861 (VIII, 201 p.).

1867-68. Ueber Polypen, p. I.
Ueber den mexikanischen Salamander, p. XXIII; *Wurzburg. Verhandl.* (Sitzungb.), I, 1868-69.

1870-71. Sirena's Arbeit : Ueber die Entwickelung der Zähne, p. I; zoologische Demonstration, Referat über Engelman's Arbeit über die contractibilen Haut drüssenzellen des Frosches, p. IX; *Wurzburg. Verhandl.* (Sitzungb.), II, 1872.

1872-73. Ueber eine Geweihabnormität, p. V.
Ueber eine Missbildung bei einem Embryo, p. XV.
Ueber Knoschen wachsthum; ferner über Bau der Placenta, p. XXII.
Ueber Knochenresorption; ferner über Bau Blutkorperchendelle, p. XXV; *Wurzb. Verhandl.* (Sitzungb.), VI, 1874.

1873-74. Ueber Entwicklung der Ovarien, p. X; *Wurzburg. Verhandl.*, (Sitzungb.), VIII, 1875.

1873. Knochenresorption und interstitilles Knochenwachsthum; *Wurzburg. Verhandl.*, VI, 1874, p. 1-18.

1874. Ueber den Bau und die systematische Stellung der Gattung Umbellularia; *Wurzburg. Verhandl.*, VIII, 1875, p. 13-18.

1874. Ueber die Entwickelung der Graaf'schen Follikel der Saugethiere; *Wurzburg. Verhandl.*, VIII, 1874, p. 92-95.

1874-75. Kleinere Mitheilungen anatomischen Inhaltes, p. I, VIII.
Ueber die erste Entwicklung der Säugethiere, p. XIV; *Wurzburg. Verhandl.* (Sitzungb.), IX, 1876.

1875. Zur Entwickelung der Keimblätter im Hühnereie; *Wurzburg. Verhandl.*, VIII, 1875, p. 209-215.

1875. Die Pennatulide Umbellula und zwei neue Arten der Alcyonarien. Festschrift; *Wurzburg.* 1875, in-4°, 2 pl.

1875. Festrede zur Feier des 25 Jährigen Bestehens der Physik-medicin. Gesellschaft gehalten in der Aula der Universitat am 8 december. 1874; *Wurzburg. Verhandl.*, IX, 1875, p. I-XIX.

1875. Ueber die erste Entwickelung der Säugethierembryo; *Wurzburg. Verhandl.*, IX, 1875, p. 98-101.

1875-76. Bau der Placenta, p. IX; *Wurzburg. Verhandl.* (Sitzungb.), X, 1877.

1876. Ueber die Placenta der Gattung Tragulus; *Wurzburg. Verhandl.*, X, 1876, p. 71, 83, pl. IV-V.

1876-77. Ueber die Wirbeltheorie des Schädels, p. IV.
Ueber die Jacobson'schen Organ des Menschen, p. VII.
Anatomische Demonstration, p. IX; *Wurzburg. Verhandl.* (Sitzungb.), XII, 1878.

1877-78. Ueber die Entwicklung des peripherischen Nervensystems, p. XIX.
Ueber die Entwicklung der Nervensystems, p. XXI; *Wurzburg. Verhandl.* (Sitzungb.), XIII, 1879.

KÖLLIKER ET HENLE.

1844. Ueber die pacinischen Körperchen an den Nerven des Menschen u. der Saugethiere; *Zurich.*, 1844, *Meyer et Zeller*, gr. in-4°, 3 pl.

KÖLLIKER ET LOEWG.

1846. Ueber die Zusammensetzung und Structur des Hüllen der Tunicata; *Froriep. Notizen*, 1846, col. 81-89, 97-102; *Ann. Sci. Nat.*, V (zool.), 1846, p. 193-238 (3 pl.).

KÖLLIKER ET LÖWIG.

1846. Observations sur l'existence d'une substance ternaire identique avec la cellulose dans toute une classe d'animaux sans vertèbres, les Tuniciers. *Paris, Comptes rendus*, XXII, 1848, p. 38-40; *L'Institut.*, 1846, p. 2; *Erdm. Journ. Prak. Chem.*, XXXVII, 1846, p. 339-341.

KÖLLIKER ET VIRCHOW.

1850. Ueber einige an der Leiche eines Hingerichteten angestellte Versuche und Beobachtungen; *Wurzburg. Verhandl.*, I, 1850, p. 318-320.

KÖLLIKER ET GEGENBAUR.

1853. Entwickelung von Pneumodermon; *Siebold und Kölliker. Zeitsch.*, IV, 1853, p. 333-334.

KÖLLIKER ET H. MULLER.

1853. Note sur la structure de la rétine humaine; *Paris, Comptes rendus*, XXXVII, 1853, p. 188-492. — *Ann. Nat. Hist.*, XII, 1853, p. 478-481.

KÖLLIKER, GEGENBAUR ET H. MULLER.

1853. Bericht über einige im Herbste 1852 in Messina angestellte vergleichend. anatomische Untersuchungen:
Entwickelung von Tubularia und Campanularia, p. 299.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

DU QUATRIÈME VOLUME

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME IV

